MANUAL DE DISEÑO DE DEFENSAS

Fender Team

on the safe side

© FenderTeam AG 2014

ES-A4-2014-03-LR

>> DISEÑO DE DEFENSAS

Bienvenidos al Manual de Diseño de Defensas de FenderTeam.

Las defensas son el punto de contacto entre el barco y el puerto. Son ante todo una barrera de seguridad para proteger a las personas, los barcos y las estructuras. La mayoría de los sistemas de defensas utilizan unidades de caucho (elastómeros), espuma especial o de aire que actúan como resorte para absorber la energía cinética del barco. Mientras se comprime el resorte, las fuerzas en incremento son transmitidas a otras áreas del sistema de defensa - paneles, anclajes y cadenas - y luego a través del canal de carga seleccionado hacia las estructuras de soporte.

Un buen diseño de defensas comprende muchas disciplinas. El conocimiento teórico no puede reemplazar la experiencia de las operaciones portuarias y las maniobras de atraque del mundo real. La mayoría de los códigos y estándares asumen que el usuario posee un buen conocimiento de trabajo sobre la materia. FenderTeam posee una dilatada y diversa experiencia en todos los aspectos del diseño de defensas

Esta guía tiene la intención de ser una fuente concisa, que ayude a los diseñadores y prescriptores a identificar los criterios de información clave, para calcular las energías de atraque y seleccionar los tipos de defensas adecuados. Los especialistas de FenderTeam siempre están disponibles para respaldar este proceso y proporcionar asesoramiento acerca de detalles y especificaciones.

Excepciones: Este manual puede ser aplicado a la mayoría de los barcos comerciales convencionales. Comuníquese con FenderTeam sobre aplicaciones y requerimientos especiales para naves inusuales tales como catamaranes, barcos de la armada, plataformas petroleras, etc.

>> FENDER TEAM

Un equipo de expertos dedicados a proporcionar los sistemas de defensas y accesorios con mejor rendimiento y seguridad. Con sede principal en Alemania y con oficinas locales en Francia y EEUU más una red de representantes locales bien establecidos, FenderTeam se ha ganado su reputación como un socio de confianza en los mercados de puertos, embarcaderos y vías marítimas internacionales.

Defensa: somos especialistas en el diseño, fabricación y venta de defensas y sistemas de defensas.
Equipo: nuestro equipo de socios, empleados y proveedores acreditados, todos compartimos una filosofía - La pasión por las defensas y el servicio a la industria portuaria.

Colectivamente sumamos décadas de experiencia y conocimiento especializado en este nicho de mercado que es fundamental para la seguridad de las personas, barcos e infraestructura portuaria. Nuestras habilidades y know-how garantizan soluciones de defensas bien elaboradas, productos de alta calidad y precios razonables.

© FenderTeam AG 2014

CONTENIDO (Sección 1 de 2)

SECCIÓN 1: CÁLCULO DE ENERGÍA DE ATRAQUE

Nomenclatura y Fuentes de Información	04
Proceso de Diseño	05
Barcos	06
Dimensiones de Barcos	07
Terminología de Barcos	08
Petroleros	09
Graneleros	10
Cargueros de Gas	11
Barcos Portacontenedores	12
Carga General, RoRo y Ferries	13
Transportes de Vehículos, Cruceros, Ferries Rapidos	14
Límitaciones de los Barcos	15
Cargas de Barcos	16
Maniobra de Aproximación de Barcos	17
Factor de Masa Agregado (C_M)	18
Factor de Excentricidad (C_E)	19
Factor de Configuración de Atraque (C_C) & Factor de Suavidad(C_S)	20
Velocidades de Atraque	21
Energía de Atraque	22

SECCIÓN 2 : GUÍA DE SELECCIÓN DE DEFENSA 23

En la Sección 2 se cubre todo el proceso de selección, materiales, pruebas e información relacionada.

© FenderTeam AG 2014

>> NOMENCLATURA

Nomenclatura	Descripción	Unidades
B	Manga (ancho) de buque, excluyendo cinturones	m
C	Espacio entre el casco del buque y la cara de la estructura	m
C_B	Coeficiente de bloque del casco del barco	
C_C	Coeficiente de configuración del muelle	
C_E	Coeficiente de excentricidad	
C_M	Coeficiente de masa hidrodinámica (agregado)	
C_S	Coeficiente de suavidad	
D	Calado real del barco	m
D_B	Calado de lastre del barco	m
D_L	Calado de carga o de verano del barco	m
D_S	Calado de escantillón (máximo) del barco	m
E_A	Energía de atraque cinética anormal del barco	kNm (kJ)
E_F	Energía de la defensa (corregida para el ángulo, temperatura etc.)	kNm (kJ)
E_N	Energía de atraque cinética normal del barco	kNm (kJ)
E_{RPD}	Energía de defensa (para dato de rendimiento estimado)	kNm (kJ)
E_{LET}	Energía de defensa a tolerancia de extremo baja (a tolerancia mínima de fabricación)	kNm (kJ)
F	Fuerza de impacto aplicada a panel o cara de la defensa por el casco del barco	kN
F_B	Lastre del francobordo del barco al nivel de cubierta	m
F_L	Francobordo de carga o de verano del barco al nivel de cubierta	m
F_S	Francobordo (mínimo) del escantillón del barco al nivel de cubierta	m
H	Altura de la defensa compresible excluyendo el panel etc.	m
HP	Presión del casco	kN/m² (kPa)
K	Radio de giro del barco	m
K_C	Espacio de quilla a fondo marino	m
L_L	Eslora total del barco más largo que utiliza el muelle	m
L_{OA}	Eslora total del barco	m
L_{BP}	Longitud del barco entre perpendiculares	m
L_S	Eslora total del barco más pequeño que utiliza el puerto	m
L_{WL}	Longitud del casco del barco a nivel de mar en calado de verano	m
M_B	Desplazamiento del barco en condiciones de lastre	toneladas
M_D	Desplazamiento del barco	toneladas
P	Espaciado entre defensas	m
R	Distancia desde el punto de impacto al centro de masas del barco	m
R_B	Radio de proa	m
R_F	Reacción de la defensa (corregida para el ángulo, temperatura, etc.)	kN
R_{RPD}	Reacción de la defensa (para dato de rendimiento estimado)	kN
R_{HET}	Reacción de la defensa a tolerancia de extremo alta (a tolerancia de fabricación	kN
T	máxima)	kN
v	Fuerza cortante	m/s
v_B	Velocidad del barco	m/s
v_L	Velocidad del barco perpendicular a la línea de atraque	m/s
x	Velocidad del barco paralela a la línea de atraque	m
α	Distancia desde proa a cuerpo central paralelo (extremo del radio de proa)	grados
β	Ángulo de atraque (línea central de barco a línea de atraque)	grados
γ	Ángulo de abanico de proa (ángulo vertical del casco a cara del panel de defensa)	grados
Δ	Ángulo del vector de velocidad (entre R y VB)	m
θ	Deflexión de la defensa compresible	grados
η	Ángulo de contacto del casco con la defensa (permitido para el radio de la proa)	
$η_C$	Factor de seguridad para energía de atraque anormal	
μ	Factor de seguridad para cadenas	
$ρ_{SW}$	Coeficiente de fricción	toneladas/m³
	Densidad de agua de mar	

>> FUENTES

Códigos y Estándares
Código para la Práctica del Diseño de Sistemas de Defensas y Amarre: BS 6349: Parte 4 (1994)
PIANC WG33 Directrices para el Diseño de Defensas (2002)
Recomendaciones del Comité para Estructuras de Muelles, Puertos, y Vías Marítimas (EAU 2004)
PIANC Reporte de la Comisión Internacional para la Mejora del Diseño de Sistemas de Defensas: : Suplemento del Boletín No.45 (1984)
Acciones para el Diseño de Obras Maritimas y Puertos: ROM 0.2-90 (1990)
Recomendaciones para el Diseño de la Configuración Marítima de Puertos, Canales de Aproximación y Dársenas : ROM 3.1-99 (1999)
Defensas para Diques - Rosa 2000 Edición No.1
Ingeniería y Diseño de Puertos Militares: Unified Facilities Criteria UFC 4-159-02 (2004)
Diseño de Muelles y Embarcaderos: Unified Facilities Criteria UFC 4-152-01 (2005)
Criterios para el Diseño de Estructuras Marítimas – Australia: AS4997 (2005)
Estándares Técnicos y Comentarios sobre Instalaciones de Puertos y Muelles en Japón (2009)
Canales de Aproximación – Guía de Diseño: Suplemento PIANC del Boletín No.95 (1997)
Manual del Diseñador de Puertos – Recomendaciones y Directrices: Carl Thoresen (2003) ISBN 9780727732886
Planificación y Diseño de Puertos y Terminales Marítimas: Editado por Hans Agerschou – 2da Edición (2004) ISBN 0727732242
Embarcaciones Significativas: Instituto Real de los Arquitectos Navales (1992-2010) www.rina.org.uk
Método de Prueba Estándar para Determinar y Reportar la Energía de Atraque y Reacción de Defensas Marítimas: ASTM F2192-05 (2005)
Sistema Estándar de Clasificación para Productos de Caucho En Aplicaciones Automotrices: ASTM D2000 (2012)

© FenderTeam AG 2014

PROCESO DE DISEÑO

El diseño de las defensas reúne muchas habilidades y disciplinas. El ingeniero debe considerar todos los factores que determinarán el tamaño de las defensas, detalle de los accesorios, con qué fiabilidad trabajarán en condiciones marítimas extremas.

El diseño de defensa óptimo dará como resultado una estructura segura, con bajos costes de mantenimiento y de larga duración que beneficiará la eficiencia del puerto durante su vida útil.

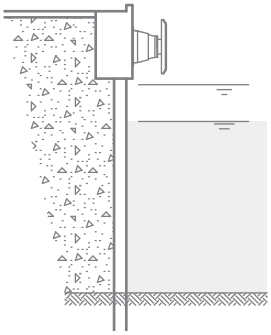
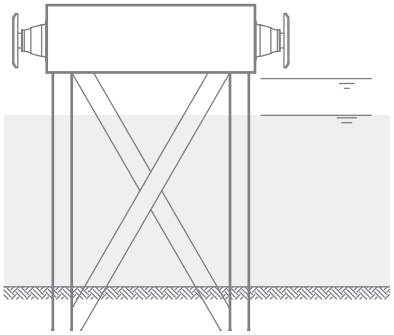
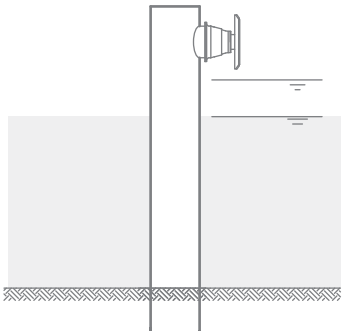
Una consideración importante es quién toma la responsabilidad de adquirir el sistema de defensas. El puerto comprará un sistema que esté de acuerdo a sus necesidades pero un contratista seleccionará el sistema más económico que cumpla con las especificaciones. Esto significa que las propiedades y el desempeño de las defensas deben ser escogidos cuidadosamente o las consecuencias pueden resultar muy costosas para el operador.

ESTRUCTURAS

Las defensas están montadas en estructuras de atraque - algunas veces de reciente construcción, modernizadas o restauradas. Las estructuras se clasifican en dos categorías principales: estructuras macizas que pueden soportar fuerzas de reacción altas de las defensas y estructuras de carga crítica que pueden resistir fuerzas limitadas de las defensas.

Las estructuras macizas son usualmente de tablestaca, bloques de concreto o pilotes. Son muy sólidas pero pueden ser poco prácticos para construir en aguas profundas y en lugares expuestos por lo que normalmente se encuentran en puertos y vías marítimas. Las estructuras de carga crítica incluyen diseños de muelles suspendidos y monopilotes donde las cargas de las defensas y de amarre son fuerzas de diseño primario.

Los atraques se pueden clasificar en embarcaderos o muelles continuos, y estructuras individuales (no continuas) conocidas usualmente como duques de alba o dolphins. Algunos duques de alba son diseños rígidos, con pilotes inclinados u otros soportes. Los monopilotess son una categoría especial de estructuras de duques de alba.

ESTRUCTURAS MACIZAS	ESTRUCTURAS DE CARGA CRÍTICA	POSTES DE AMARRE Y MONOPILOTES
		
► Pueden resistir fuerzas de defensas altas ► Fácil ajuste de concreto ► La conexión de tablestaca necesita diseño cuidadoso ► Evitar accesorios que cruzan las juntas de expansión	► Estructura sensible a las cargas ► Área de ""huella"" limitada para ac cesorios de defensas y cadenas ► Cubierta usualmente de concreto pero a veces de acero	► Estructura sensible a las cargas ► Los monopilotes contribuyen a la energía total ► Área de ""huella"" limitada para accesorios de defensas y cadenas

© FenderTeam AG 2014

BARCOS

Hay barcos de todas las formas y tamaños imaginables. Los puertos deben acomodar los barcos de diseño más grande, pero también deben atender barcos pequeños y medianos, particularmente si éstos representan la mayoría de los atraques. En muchos puertos de exportación los barcos pueden arribar en condición ""de lastre"" con un calado y desplazamiento reducido. Si ésta es una práctica estándar entonces el diseño deberá considerar las defensas para esta situación, también evaluando el riesgo de que un barco con carga deba regresar al puerto completamente cargado.

Las características del barco afectarán a la selección de las defensas y el diseño. Por ejemplo, a los operadores de cruceros no les gustan las marcas negras causadas por el contacto con las defensas cilíndricas de caucho. Los barcos de contenedores y transportes de vehiculos deben tener un abanico de proa largo por lo que la defensa debe articularse para adaptarse al ángulo. Muchos barcos poseen cinturones o bandas que pueden asentarse o asirse debajo de los paneles de la defensa, por lo que es posible que se necesiten chaflanes. Los petroleros de doble casco, transportadores de gas y otros barcos de casco ligero solamente pueden resistir presión de contacto limitada lo que significa que se necesita una gran área de contacto del panel de la defensa.

Es importante la forma del casco o la curvatura del barco. El radio de la proa influye en dónde hace contacto el barco con la defensa en relación con el centro de masas, así como el número de defensas comprimidas dependiendo de su espaciado. El abanico de la proa puede empujar los bordes superiores de la defensa hacia la estructura, así que los bordes superiores del panel, las abrazaderas de las cadenas, etc. deben ser revisados necesariamente para verificar que hay suficiente espacio.

Abajo se encuentran los diversos tipos de barcos comerciales más comunes y las características principales que el diseñador debe tomar en consideración:

PETROLEROS	► Carga peligrosa ► Gran cambio en el calado ► Presiones bajas en el casco ► Asistencia de remolcador es estándar	► Cargueros pequeños pueden tener cinturones ► Atraque frecuente en lugares expuestos ► Muchas terminales utilizan láser DAS*
GRANELEROS	► Algunos barcos son multiuso (OBO – petróleo/granel/mineral) ► Las cargas pudieran ser peligrosas ► Gran cambio en el calado	► Presiones bajas en el casco ► Asistencia de remolcador es estándar ► Atraque frecuente en lugares expuestos
GAS	► Carga muy peligrosa ► Una sola clase de barco en terminales designadas ► Presiones bajas en el casco	► Asistencia de remolcador es estándar ► Cargueros pequeños pueden tener cabos ► Atraque frecuente en sitios expuestos ► Muchas terminales utilizan láser DAS*
PORTACONTENEDORES	► Los abanicos de proa presentan peligro para las grúas de contenedores ► Manga larga limita el tamaño de la defensa ► Presiones bajas en el casco	► Asistencia de remolcador es estándar excepto en rutas secundarias ► Barcos pequeños pueden tener cabos ► Defensas estables mejoran la productividad
RORO	► La seguridad de pasajeros es crítica ► Muchos tamaños y formas de barcos ► Atraque sin pilotos ► Atraque de lado y de popa	► La mayoría de los barcos tienen cinturones ► Tiempos en puerto escasos y uti lización del puerto en forma intensiva ► Asistencia de remolcador raramente utilizada
CARGUEROS	► Muchos tamaños y formas de barcos ► Defensas pequeñas para reducir el alcance de la grúa ► Barcos grandes pueden usar remolcador	► Pueden ocupar muelles por largos períodos de tiempo ► Gran cambio en el calado ► Muchos barcos de diferentes tamaños utilizan un puerto ► Asistencia de remolcador solamente para barcos más grandes
TRANSPORTADOR DE VEHÍCULOS	► Maniobra difícil a velocidades bajas debido a un alto francobordo ► Lado largo y plano con abanico de proa grande	► Puede tener cabos y puertas laterales ► Asistencia de remolcador es común ► Atraque de lado y de popa
CRUCEROS	► La seguridad de pasajeros es crítica ► Cambios pequeños en el calado ► Los tamaños de los barcos empiezan a ser grandes para muchos puertos	► Grandes abanicos de proa comunes ► Presión del casco baja a menos que tenga cinturones ► Preferencia por defensas que no dejan marca ► Muchos barcos de diferentes tamaños utilizan un puerto

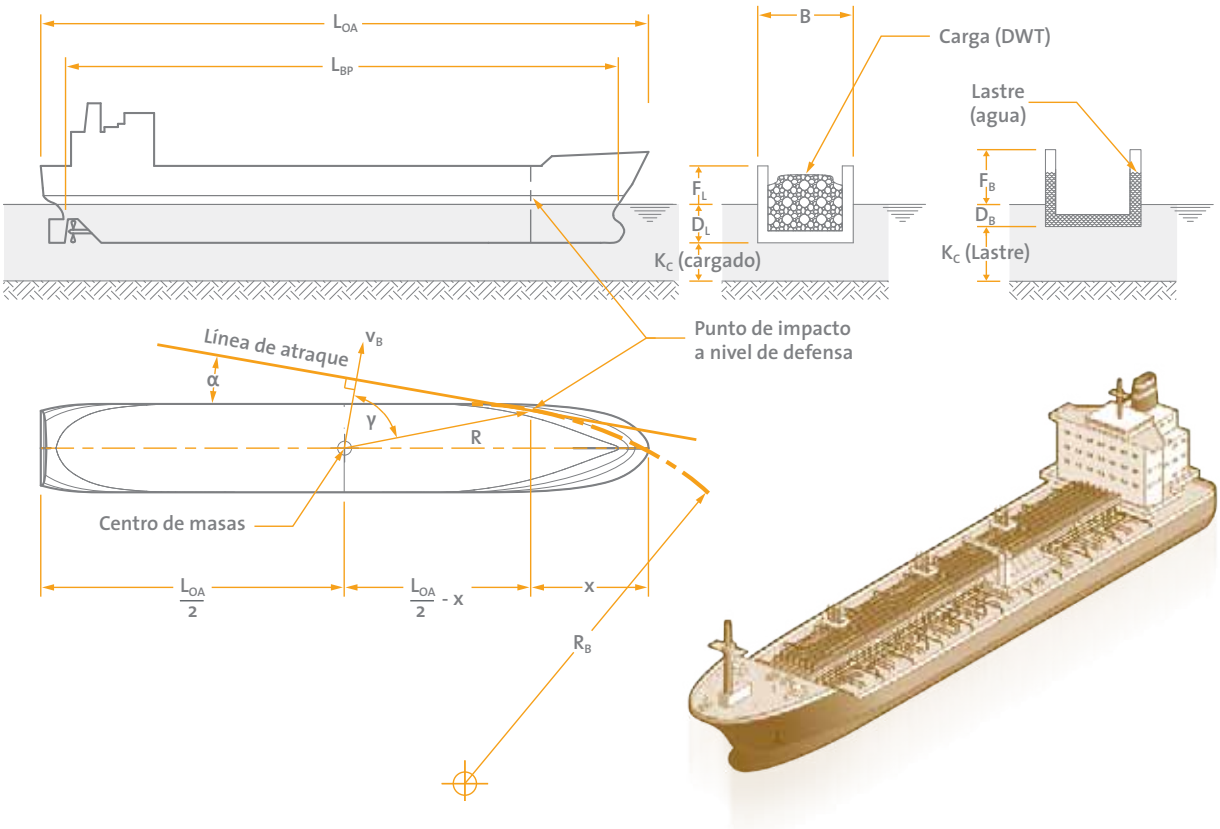
**Docking Aid Systems*

© FenderTeam AG 2014

DIMENSIONES DEL BARCO

Los diseñadores deberán considerar las dimensiones de la gama de barcos que utilizarán el puerto y las defensas. Las características más importantes de definición se describen abajo:

Eslora total	L_{OA}	Longitud máxima del barco que define el tamaño de muelle o dique seco necesaria. Algunas veces referida como ""L"".
Eslora entre perpendiculares	L_{BP}	Longitud entre el pivote del timón y la intersección de la proa con la línea de flotación. Esto no es igual la longitud en la línea de flotación aunque ambas son confundidas a menudo.
Manga (o anchura)	B	El ancho del barco, usualmente en el centro del barco. Las dimensiones de la manga de algunas fuentes pueden incluir cinturones pero esto no es relevante para los cálculos de energía de atraque.
Calado de carga	D_L	El calado de carga usualmente es el calado máximo de verano para buenas condiciones de operación. Los barcos operarán con este calado o menor dependiendo de la cantidad de carga.
Calado de lastre	D_B	El calado de navegación mínimo cuando un barco está descargado y navegando en condiciones de lastre. Considerado usualmente solo para barcos petroleros, a granel, barcos de carga y portacontenedores. El calado de lastre para barcos petroleros, a granel y portacontenedores se estima como $D_B \approx 2 + 0.02L_{OA}$.
Lastre de escantillón (no se muestra)	D_S	Es el calado máximo permitido para un barco. Raramente usado para el diseño de la defensa.
Francobordo de carga	F_L	El francobordo de la parte central del barco correspondiente al calado de carga (D_L).
Francobordo de lastre	F_B	El francobordo de la parte central del barco correspondiente al calado de lastre (D_B).
Espacio libre bajo la quilla	K_C	La profundidad del agua debajo del casco del barco (quilla). Se deberá considerar el efecto de lastre o carga, la marea alta o baja para determinar el peor caso de diseño.
Radio de proa	R_B	El radio teórico de la proa del barco en un plano horizontal coincidiendo aproximadamente con el nivel de la defensa. El radio a veces se toma como una constante para efectos del diseño de la defensa pero en la práctica puede variar de acuerdo con el calado del barco.
Distancia de la proa a impacto	x	A veces no está bien definida ya que puede variar de acuerdo con el perfil del barco, ángulo de atraque, etc. Esta distancia se le denomina comúnmente como cuarta parte ($x = 0.25L_{OA}$), quinta parte ($x = 0.2L_{OA}$) etc., medido desde la proa (o popa). Véase "Coeficiente de excentricidad" para más detalles.
Impacto a centro de masas	R	Esta dimensión se utiliza cuando se determina el Coeficiente de excentricidad (C_E). Por convenio se asume que el centro de masa se encuentra en la parte central del barco ($L_{OA}/2$) pero pudiera estar a 5~10% de la popa de la parte central del barco, para barcos de petróleo, a granel o de carga en lastre por la popa.



© FenderTeam AG 2014

TERMINOLOGÍA DE BARCOS

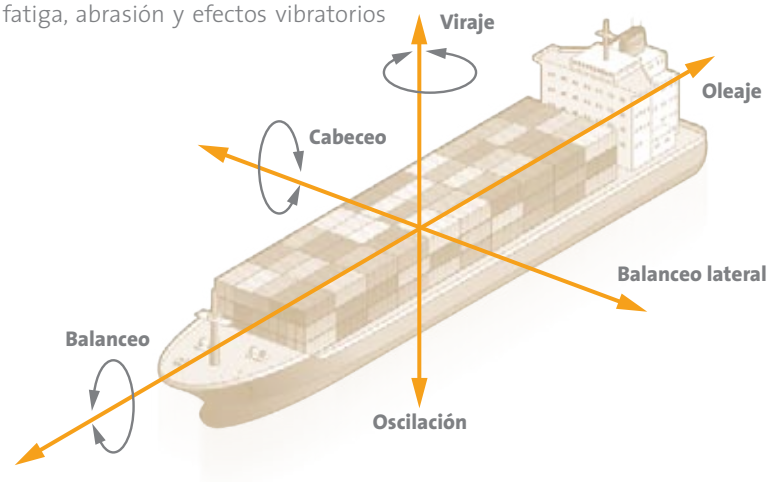
Desplazamiento M_D	El peso del barco, el mismo que el peso del agua desplazada por el casco cuando se encuentra cargado en el calado establecido
Peso muerto DWT	Es el peso con que ha sido diseñado el barco para cargar con seguridad, incluyendo la carga, combustible, agua potable y agua de lastre.
Peso ligero LWT	El peso de un barco vacío, excluyendo carga, combustible, etc.
Tonelaje bruto registrado GRT	Una medida obsoleta del volumen interno del barco donde: 1 GRT = 100 ft³ = 2.83 m³ El GRT no está relacionado con el desplazamiento y es irrelevante para el diseño de la defensa.
Tonelaje bruto GT	Índice sin unidades del volumen interno del barco utilizado por IMO. Algunas veces (de forma equivocada) llamado GRT al cual reemplazó en 1982. GT no está relacionado con el desplazamiento y es irrelevante para el diseño de la defensa.
TEU (Twentyfoot Equivalent Units, por su nombre en inglés)	The size of a single, standard 20 foot long container, used as an indication of container ship size or capacity.

MOVIMIENTOS DEL BARCO

Así como su velocidad de atraque hacia las defensas, los barcos pueden tener otros movimientos causados por el aire, olas y corrientes que pueden causar movimientos angulares o de cizallamiento en la defensa durante el contacto inicial y mientras atraca. En particular:

Barcos en transito: Oleaje, balanceo y viraje
Viento: Balanceo, balanceo lateral y viraje
Marea, corrientes: Oleaje y agitación
Olas, marejada: Oleaje y cabeceo

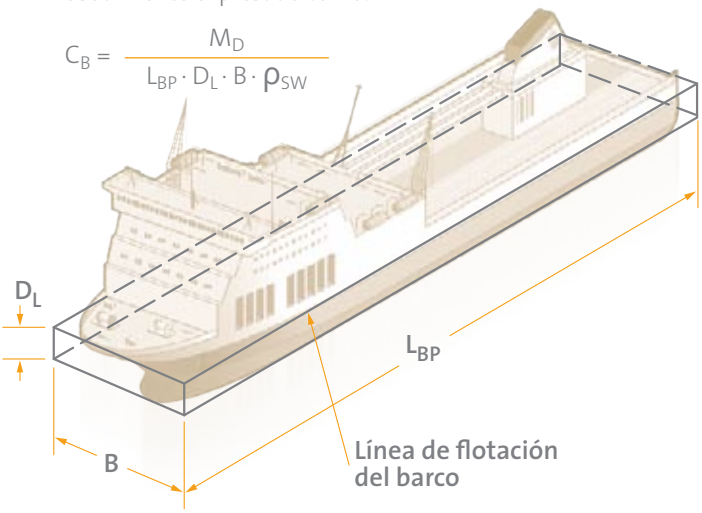
Los diseñadores deben considerar estos movimientos y el efecto que tienen en las defensas tales como fuerzas de cizallamiento, fatiga, abrasión y efectos vibratorios en fijaciones.



COEFICIENTE DE BLOQUE (C_B)

El Coeficiente de Bloque (C_B) es el cociente entre el volumen actual del casco y el volumen de la "caja" del casco usualmente expresado como:

$$C_B = \frac{M_D}{L_{BP} \cdot D_L \cdot B \cdot \rho_{SW}}$$



Si es conocido, C_B se pueden utilizar para estimar el desplazamiento:

$$M_D = C_B \cdot L_{BP} \cdot D_L \cdot B \cdot \rho_{SW}$$

Los códigos y estándares de diseño sugieren algunos rangos típicos de coeficientes de bloque para varios tipos de barcos:

Tipo de Barco	ROM 3.1-99	BS 6349	PIANC 2002
Petroleros	0.72–0.85	0.72–0.85	0.85
A granel (OBO)	0.78–0.87	0.72–0.85	0.72–0.85
Gas	0.68–0.54	—	—
Contenedores	0.63–0.71	0.65–0.70	0.60–0.80
RoRo	0.57–0.80	0.65–0.70	0.70–0.80
Carguero	0.56–0.77	—	0.72–0.85
Tansporte Vehículos	0.56–0.66	—	—
Crucero/Ferry	0.57–0.68	0.50–0.70	—
Monocasco rápido	0.45–0.49	—	—
Catamarán	0.43–0.44	—	—

* Manga (B) es el total de dos cascos individuales

Para las condiciones de carga que no sean de carga completa (por ejemplo, $D < D_L$) entonces se puede estimar el Coeficiente de Bloque:

Forma de casco	Calado actual, D	C_B (at $D < D_L$)
C_B (at D_L) ≥ 0.75	$D_B < D < D_L$	Constante
C_B (at D_L)< 0.75	$0.6D_L < D < D_L$	Constante
	$D_B < D < 0.6D_L$	$0.9 \times C_B$ (at D_L)

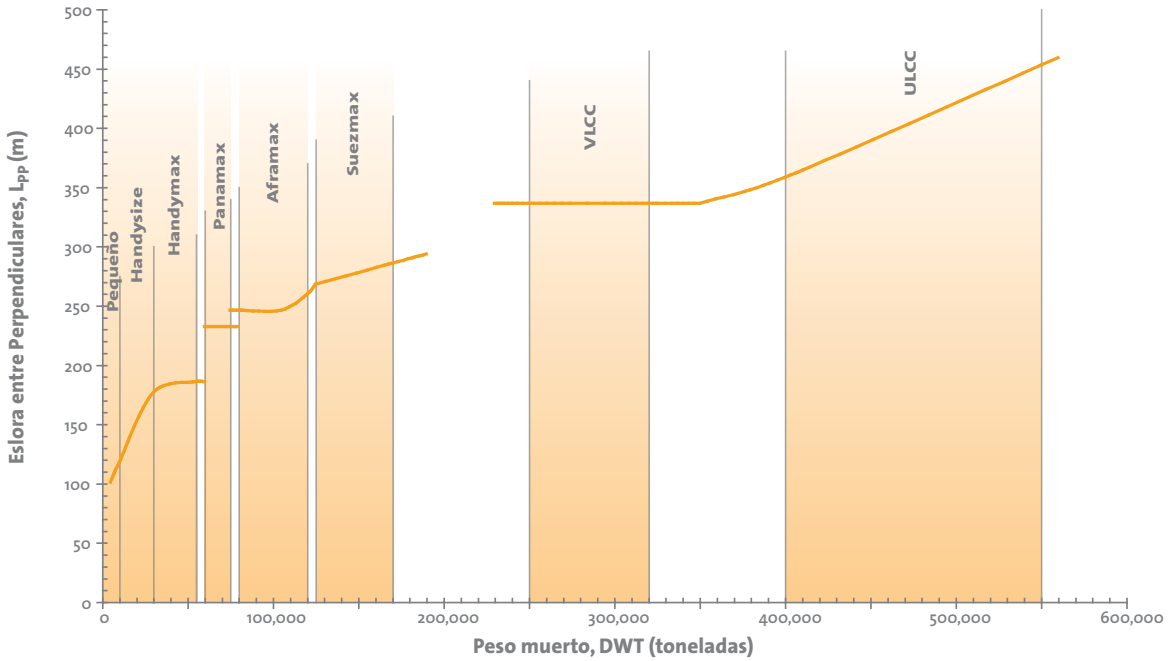
© FenderTeam AG 2014

PETROLEROS

DWT	M_D (toneladas)	L_{OA} (m)	L_{BP} (m)	B (m)	H_M (m)	D_L (m)	D_B (m)	C_B
500,000	590,000	415	392	73.0	30.5	24.0	10.3	0.838
441,585	*528,460	380	359	68.0	28.9	24.5	9.6	0.862
400,000	475,000	380	358	68.0	29.2	23.0	9.6	0.828
350,000	420,000	365	345	65.5	28.0	22.0	9.3	0.824
300,000	365,000	350	330	63.0	27.0	21.0	9.0	0.816
275,000	335,000	340	321	61.0	26.3	20.5	8.8	0.814
250,000	305,000	330	312	59.0	25.5	19.9	8.6	0.812
225,000	277,000	320	303	57.0	24.8	19.3	8.4	0.811
200,000	246,000	310	294	55.0	24.0	18.5	8.2	0.802
175,000	217,000	300	285	52.5	23.0	17.7	8.0	0.799
150,000	186,000	285	270	49.5	22.0	16.9	7.7	0.803
125,000	156,000	270	255	46.5	21.0	16.0	7.4	0.802
100,000	125,000	250	236	43.0	19.8	15.1	7.0	0.796
80,000	102,000	235	223	40.0	18.7	14.0	6.7	0.797
70,000	90,000	225	213	38.0	18.2	13.5	6.5	0.804
60,000	78,000	217	206	36.0	17.0	13.0	6.3	0.789
50,000	66,000	210	200	32.2	16.4	12.6	6.2	0.794
40,000	54,000	200	190	30.0	15.4	11.8	6.0	0.783
30,000	42,000	188	178	28.0	14.2	10.8	5.8	0.761
20,000	29,000	174	165	24.5	12.6	9.8	5.5	0.714
10,000	15,000	145	137	19.0	10.0	7.8	4.9	0.721
5,000	8,000	110	104	15.0	8.6	7.0	4.2	0.715
3,000	4,900	90	85	13.0	7.2	6.0	3.8	0.721

** Tipo cargueros V-plus (los mas largos en servicio actualmente - TI Europa y TI Oceana). El calado de lastre asume las Normas de Marpol*

Tipo	Dimensiones	Tamaño del Barco
Pequeño		≤10,000DWT
Handysize	D_L≤10m	10,000~30,000DWT
Handymax	L_{OA}≤180m	30,000~55,000DWT
Panamax	B≤32.3m L_{OA}≤289.6m D_L≤12.04m	60,000~75,000DWT
Aframax	41≤B≤44m	80,000~120,000DWT
Suezmax	D_L≤21.3m B≤70m L_{OA}≤500m	125,000~170,000DWT
VLCC (VeryLargeCrudeCarrier)	L_{OA}≤300m	250,000~320,000DWT
ULCC (UltraLargeCrudeCarrier)		≥350,000DWT



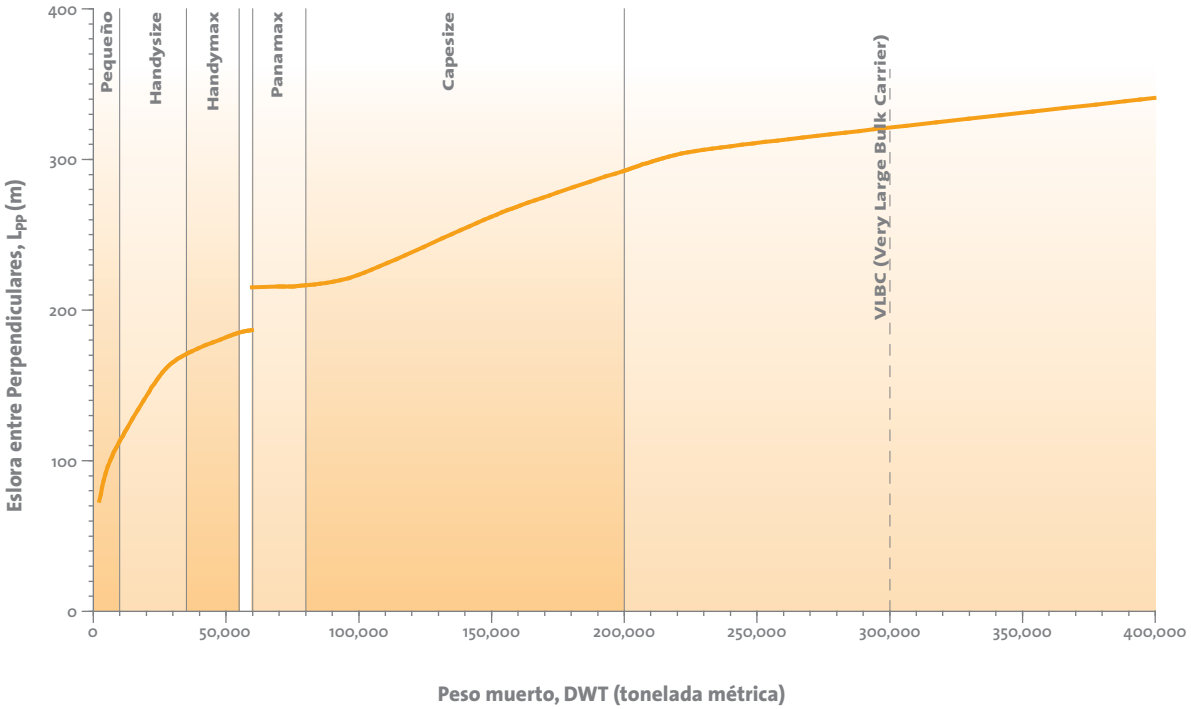
© FenderTeam AG 2014

CARGUEROS A GRANEL

DWT	M_D (toneladas)	L_{OA} (m)	L_{BP} (m)	B (m)	H_M (m)	D_L (m)	D_B (m)	C_B
402,347	*454,000	362	350	65.0	30.4	23.0	9.2	0.846
400,000	464,000	375	356	62.5	30.6	24.0	9.5	0.848
350,000	406,000	362	344	59.0	29.3	23.0	9.2	0.849
300,000	350,000	350	333	56.0	28.1	21.8	9.0	0.840
250,000	292,000	335	318	52.5	26.5	20.5	8.7	0.832
200,000	236,000	315	300	48.5	25.0	19.0	8.3	0.833
150,000	179,000	290	276	44.0	23.3	17.5	7.8	0.822
125,000	150,000	275	262	41.5	22.1	16.5	7.5	0.816
100,000	121,000	255	242	39.0	20.8	15.3	7.1	0.818
80,000	98,000	240	228	36.5	19.4	14.0	6.8	0.821
60,000	74,000	220	210	33.5	18.2	12.8	6.4	0.802
40,000	50,000	195	185	29.0	16.3	11.5	5.9	0.791
20,000	26,000	160	152	23.5	12.6	9.3	5.2	0.764
10,000	13,000	130	124	18.0	10.0	7.5	4.6	0.758

**BM Vale Brasil y otros 11 barcos hermanos bajo construcción.*
El calado de lastre asume las Normas de Marpol.

Tipo	Dimensiones	Tamaño del Barco
Pequeño	$L_{OA} \leq 115m$	≤ 10,000 DWT
Handysize	$D_L \leq 10m$	10,000 ~ 35,000 DWT
Handymax	$L_{OA} \leq 190m$	35,000 – 55,000 DWT
Panamax	$B \leq 32.3m$ $L_{OA} \leq 289.6m$ $D_L \leq 12.04m$	60,000 ~ 80,000 DWT
Capesize	$41 \leq B \leq 44m$	80,000 ~ 200,000 DWT 90,000 ~ 180,000 DWT
Chinamax		≤ 300,000 DWT
VLBC (Very Large Bulk Carrier)	$L_{OA} \geq 300m$	≥ 200,000 DWT



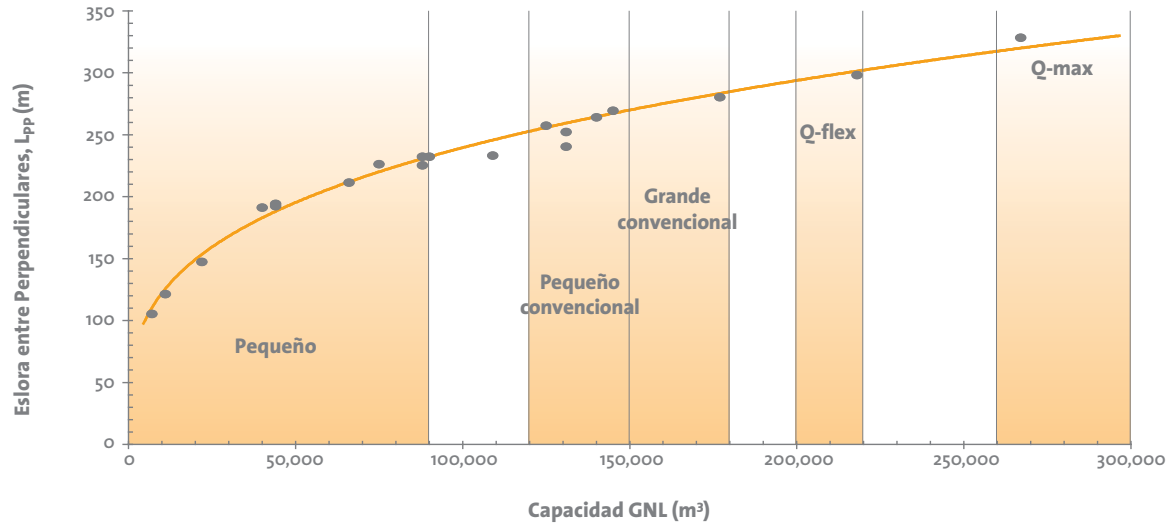
© FenderTeam AG 2014

CARGUEROS DE GAS

Capacity (m^3)	DWT	M_D (toneladas)	L_{OA} (m)	L_{BP} (m)	B (m)	H_M (m)	D_L (m)	D_B (m)	C_B
CARGUERO DE GNL – PRISMÁTICO									
266,000	*125,000	175,000	345.0	333.0	53.8	26.2	12.0	8.9	0.794
210,000	**97,000	141,000	315.0	303.0	50.0	27.6	12.0	8.3	0.757
177,000	90,000	120,000	298.0	285.0	46.0	26.2	11.8	8.0	0.757
140,000	80,000	100,000	280.0	268.8	43.4	24.5	11.4	7.6	0.734
75,000	52,000	58,000	247.3	231.0	34.8	20.6	9.5	6.9	0.741
40,000	27,000	40,000	207.8	196.0	29.3	17.3	9.2	6.2	0.739
CARGUERO GNL – ESFÉRICO, MOSS									
145,000	75,000	117,000	288.0	274.0	49.0	24.7	11.5	7.8	0.739
125,000	58,000	99,000	274.0	262.0	42.0	23.7	11.3	7.5	0.777
90,000	51,000	71,000	249.5	237.0	40.0	21.7	10.6	7.0	0.689
CARGUERO DE GLP									
131,000	60,000	95,000	265.0	245.0	42.2	23.7	13.5	7.3	0.664
109,000	50,000	80,000	248.0	238.0	39.0	23.0	12.9	7.0	0.652
88,000	40,000	65,000	240.0	230.0	35.2	20.8	12.3	6.8	0.637
66,000	30,000	49,000	226.0	216.0	32.4	19.9	11.2	6.5	0.610
44,000	20,000	33,000	207.0	197.0	26.8	18.4	10.6	6.1	0.575
22,000	10,000	17,000	160.0	152.0	21.1	15.2	9.3	5.2	0.556
11,000	5,000	8,800	134.0	126.0	16.0	12.5	8.1	4.7	0.526
7,000	3,000	5,500	116.0	110.0	13.3	10.1	7.0	4.3	0.524
CARGUERO DE METANO									
131,000	60,000	88,000	290.0	257.0	44.5	26.1	11.3	7.8	0.664
88,000	40,000	59,000	252.0	237.0	38.2	22.3	10.5	7.0	0.606
44,000	20,000	31,000	209.0	199.0	30.0	17.8	9.7	6.2	0.522

*Cargueros de gas Tipo *Q-max y **Q-flex El calado de lastre asume las Normas de Marpol*

Tipo	Dimensiones	Tamaño del Barco
Pequeño	L_{OA} ≤ 250 m B ≤ 40 m	≤ 90,000 m³
Pequeño convencional	L_{OA} 270–298 m B 41–49 m	120,000–150,000 m³
Grande convencional	L_{OA} 285–295 m B ≤ 43–46 m D_L ≤ 12 m	150,000–180,000 m³
Q-flex	L_{OA} ≈ 315 m B ≈ 50 m D_L ≤ 12 m	200,000–220,000 m³
Q-max	L_{OA} ≈ 345 m B ≈ 53–55 m D_L ≤ 12 m	≤ 260,000 m³
Med-max		Approx 75,000 m³
Atlantic-max		Approx 165,000 m³



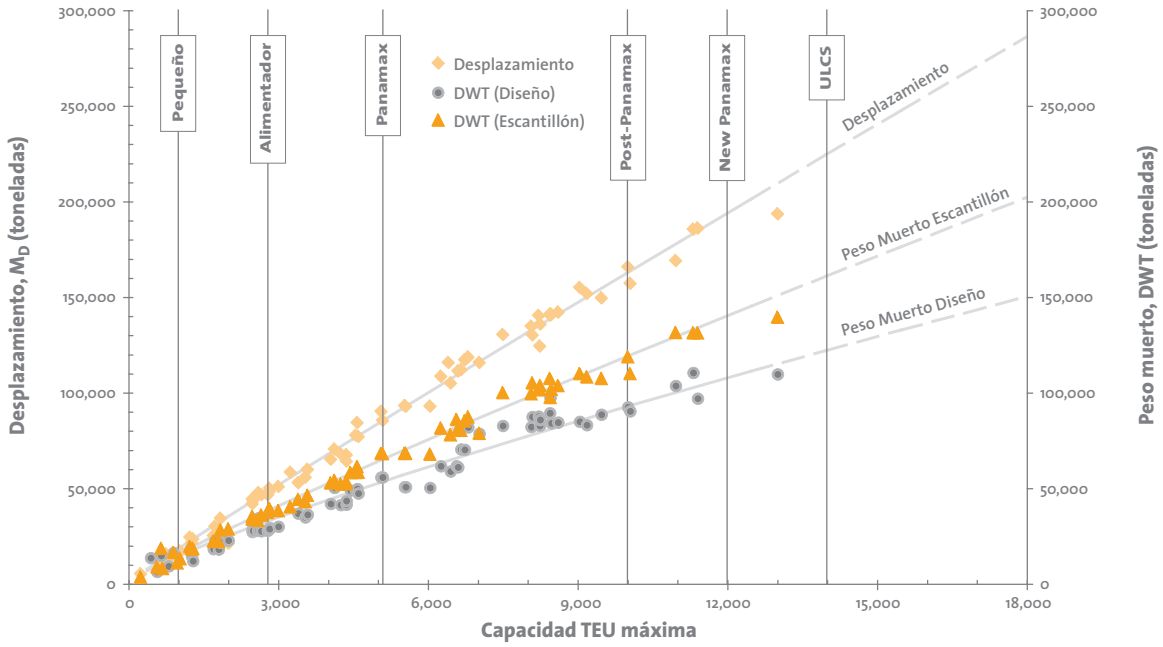
© FenderTeam AG 2014

BARCOS PORTACONTENEDORES

TEU	DWT	M_D (toneladas)	L_{OA} (m)	L_{BP} (m)	B (m)	H_M (m)	D_L (m)	D_B (m)	C_B
18,000	*195,000	262,566	420	395	56.4	26.7	15.0	9.9	0.767
15,500	**171,000	228,603	397	375	56.4	25.3	14.0	9.5	0.753
14,000	157,000	190,828	366	350	48.4	24.8	15.0	9.0	0.733
12,500	143,000	171,745	366	350	48.4	24.5	13.5	9.0	0.733
10,000	101,000	145,535	349	334	45.6	23.6	13.0	8.7	0.717
8,000	81,000	120,894	323	308	42.8	22.7	13.0	8.2	0.688
6,500	67,000	100,893	300	286	40.0	21.7	13.0	7.7	0.662
5,500	58,000	85,565	276	263	40.0	20.9	12.5	7.3	0.635
5,100	54,000	74,399	294	283	32.2	20.4	12.0	7.7	0.664
4,500	48,600	70,545	286	271	32.2	19.8	12.0	7.4	0.657
4,000	43,200	65,006	269	256	32.2	19.0	11.8	7.1	0.652
3,500	38,100	54,885	246	232	32.2	18.2	11.3	6.6	0.634
2,800	30,800	42,389	211	196	32.2	17.0	10.7	5.9	0.612
Tipo Panamax y sub-Panamax (B ffi 32.2m)									
2,800	30,800	43,166	222	210	30.0	17.0	10.6	6.2	0.631
2,500	27,700	37,879	209	197	30.0	16.4	10.0	5.9	0.625
2,000	22,400	32,208	202	190	28.0	15.3	9.2	5.8	0.642
1,600	18,200	26,762	182	170	28.0	14.4	8.6	5.4	0.638
1,200	13,800	19,219	160	149	25.0	13.4	8.0	5.0	0.629
1,000	11,600	15,719	150	140	23.0	12.9	7.6	4.8	0.627
800	9,300	13,702	140	130	21.8	12.3	7.4	4.6	0.637
600	7,000	10,390	122	115	19.8	11.7	7.0	4.3	0.636
400	4,800	7,472	107	100	17.2	11.1	6.5	4.0	0.652

**Tipo Triple-E 18,000 TEU puesta en servicio en 2014 **Tipo E (Emma Maersk, Estelle Maersk, etc) – ocho barcos en la flota de Maersk. Capacidades y dimensiones se han recopilado de múltiples fuentes incluyendo ROM, MAN y PIANC. El calado de lastre asume las Normas de Marpol*

Tipo	Dimensiones	Tamaño del Barco
Pequeño	B ≤ 23.0m (approx)	< 1,000 teu
Alimentador	23.0m ≤ B > 30.2m	1,000~2,800 teu
Panamax	B ≤ 32.3m D_L ≤ 12.04m L_{OA} ≤ 294.1m	2,800~5,100 teu
Post-Panamax (existente)	B > 32.3m 39.8m ≤ B > 45.6m	5,500~10,000 teu
New Panamax	B ≤ 48.8m D_L ≤ 15.2m L_{OA} ≤ 365.8m	12,000~14,000 teu
ULCS (Ultra Large Container Ship)	B > 48.8m	> 14,500 teu

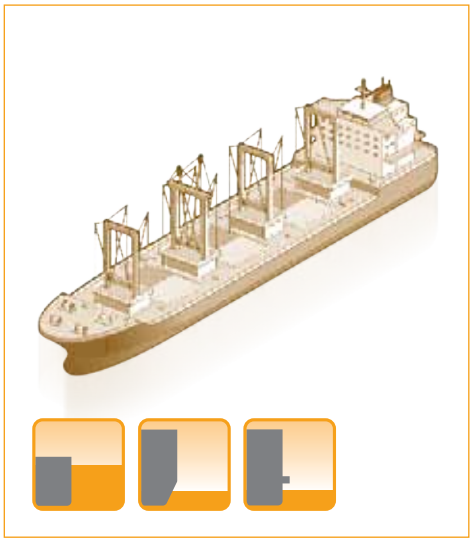


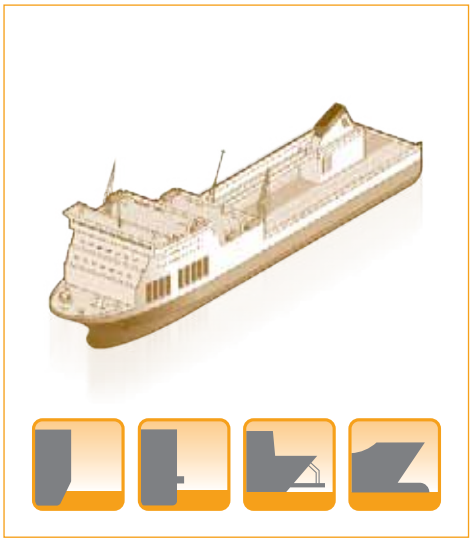
© FenderTeam AG 2014

CARGA GENERAL (CARGUERO)

DWT	M_D (toneladas)	L_{OA} (m)	L_{BP} (m)	B (m)	H_M (m)	D_L (m)	D_B (m)	C_B
40,000	54,500	209	199	30.0	18	12.5	6.18	0.713
35,000	48,000	199	189	28.9	17	12.0	5.98	0.714
30,000	41,000	188	179	27.7	16	11.3	5.76	0.714
25,000	34,500	178	169	26.4	15.4	10.7	5.56	0.705
20,000	28,000	166	158	24.8	13.8	10.0	5.32	0.697
15,000	21,500	152	145	22.6	12.8	9.2	5.04	0.696
10,000	14,500	133	127	19.8	11.2	8.0	4.66	0.703
5,000	7,500	105	100	15.8	8.5	6.4	4.10	0.724
2,500	4,000	85	80	13.0	6.8	5.0	3.70	0.750

El calado de lastre asume las Normas de Marpol.





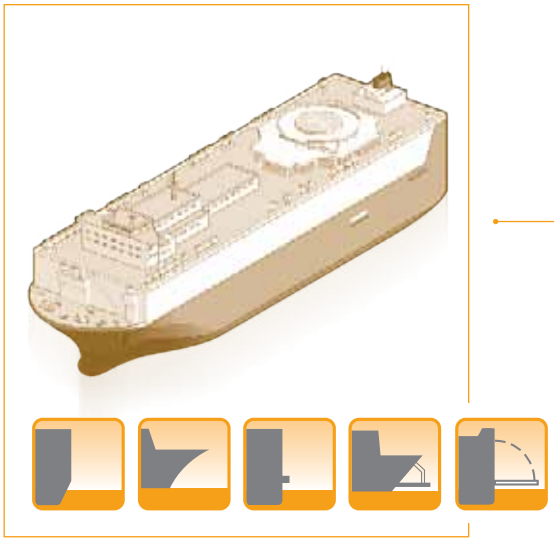
RORO Y FERRIS

DWT	M_D (toneladas)	L_{OA} (m)	L_{BP} (m)	B (m)	H_M (m)	D_L (m)	C_B
CARGUERO RORO							
50,000	87,500	287	273	32.2	28.5	12.4	0.783
45,000	81,500	275	261	32.2	27.6	12.0	0.788
40,000	72,000	260	247	32.2	26.2	11.4	0.775
35,000	63,000	245	233	32.2	24.8	10.8	0.759
30,000	54,000	231	219	32.0	23.5	10.2	0.737
25,000	45,000	216	205	31.0	22.0	9.6	0.720
20,000	36,000	197	187	28.6	21.0	9.1	0.722
15,000	27,500	177	168	26.2	19.2	8.4	0.726
10,000	18,400	153	145	23.4	17.0	7.4	0.715
5,000	9,500	121	115	19.3	13.8	6.0	0.696
DWT	**M_D (toneladas)**	**L_{OA} (m)**	**L_{BP} (m)**	**B (m)**	**H_M (m)**	**D_L (m)**	**C_B**
RO-PAX (RORO FERRY)							
15,000	25,000	197	183	30.6	16.5	7.1	0.613
12,500	21,000	187	174	28.7	15.7	6.7	0.612
11,500	19,000	182	169	27.6	15.3	6.5	0.611
10,200	17,000	175	163	26.5	14.9	6.3	0.609
9,000	15,000	170	158	25.3	14.5	6.1	0.600
8,000	13,000	164	152	24.1	14.1	5.9	0.587
6,500	10,500	155	144	22.7	13.6	5.6	0.560

© FenderTeam AG 2014

TRANSPORTE DE VEHICULOS

DWT	GT	M_D (toneladas)	L_{OA} (m)	L_{BP} (m)	B (m)	H_M (m)	D_L (m)	C_B
--	30,000	48,000	220	205	32.2	31.2	11.7	0.606
--	25,000	42,000	205	189	32.2	29.4	10.9	0.618
--	20,000	35,500	198	182	32.2	27.5	10.0	0.591
--	15,000	28,500	190	175	32.2	26.5	9.0	0.548



CRUCEROS

GT	M_D (toneladas)	L_{OA} (m)	L_{PP} (m)	B (m)	H_M (m)	D_L (m)	C_B	NOMBRE DEL BARCO
225,282	105,750	362	308	47.0	22.5	9.3	0.767	Allure of the Seas
155,873	74,126	329	280	40.0	22.1	8.7	0.742	Norwegian Epic
148,528	72,193	345	293	41.0	22.7	10.1	0.580	Queen Mary 2
110,000	50,253	291	247	35.4	20.4	8.2	0.684	Carnival Conquest
102,587	52,239	273	232	36.0	19.7	8.2	0.744	Costa Fortuna
80,000	44,000	272	231	35.0	20.0	8.0	0.664	Post Panamax Genérico
70,000	38,000	265	225	32.2	19.3	7.8	0.656	Panamax Genérico
60,000	34,000	252	214	32.2	18.8	7.6	0.633	Panamax Genérico
50,000	29,000	234	199	32.2	18.0	7.1	0.622	Panamax Genérico
40,000	24,000	212	180	32.2	17.3	6.5	0.622	Panamax Genérico
35,000	21,000	192	164	32.2	17.0	6.3	0.616	Panamax Genérico

FERRIS RÁPIDOS – MONOCASCO

DWT	GT	M_D (toneladas)	L_{OA} (m)	L_{BP} (m)	B (m)	H_M (m)	D_L (m)	C_B
--	20,000	3,200	140	133	21	5.8	2.9	0.606
--	15,000	2,400	128	120	19.2	5.4	2.7	0.618
--	10,000	1,600	112	102	16.9	5.2	2.5	0.591
--	8,000	1,280	102	87.5	15.4	5.0	2.5	0.548

†El calado excluye los hidroplanos y estabilizadores que pueden agregar hasta un 80% del calado del barco si se extienden. Anchura de la línea de flotación es de 0.8~0.9 x manga a nivel cubierta.

FERRIS RÁPIDOS - CATAMARÁN

DWT	GT	M_D (toneladas)	L_{OA} (m)	L_{BP} (m)	B (m)	H_M (m)	D_L (m)	C_B
--	30,000	48,000	220	205	32.2	31.2	11.7	0.606
--	25,000	42,000	205	189	32.2	29.4	10.9	0.618
--	20,000	35,500	198	182	32.2	27.5	10.0	0.591
--	15,000	28,500	190	175	32.2	26.5	9.0	0.548

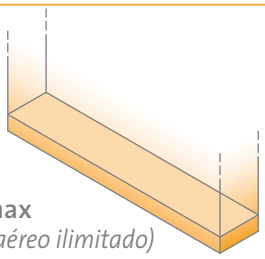
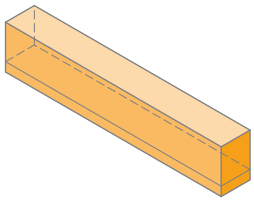
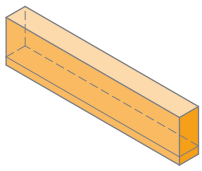
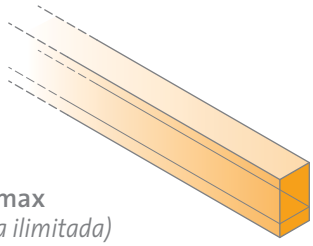
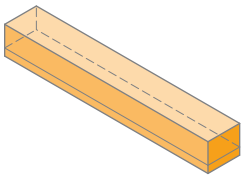
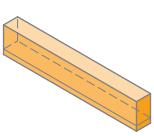
‡El coeficiente de bloque se calcula utilizando el ancho total de ambos cascos, anchura máxima de línea de flotación de cada casco es aproximadamente 25% de la manga a nivel de cubierta (dada).

© FenderTeam AG 2014

LÍMITES DEL BARCO

En muchas partes del mundo, los tamaños de los barcos estan limitados debido a las esclusas, canales y puentes. Comunmente, las dimensiones limitadas son la eslora, manga, calado y calado aéreo.

L_{OA}	Eslora total
B	Manga
D_L	Calado
D_A	Calado Aéreo

CHINAMAX	Chinamax se refiere a la capacidad portuaria para múltiples puertos en China. El máximo es 380,000–400,000dwt pero se ha impuesto una restricción de 380,000dwt a los barcos.	 **Chinamax** *(calado aéreo ilimitado)*	**L_{OA}**	≤ 360 m
			B	≤ 65 m
			D_L	≤ 24 m
			D_A	Sin límite
NEW PANAMAX	Las nuevas esclusas (terceras) del Canal de Panamá están programadas para abrir en 2015. Algunos barcos existentes demasiado grandes para las esclusas actuales (post-Panamax) y nuevos diseños de barcos podrán transitar por aquí.	 **New Panamax**	**L_{OA}**	≤ 366 m
			B	≤ 49 m
			D_L	≤ 15.2 m
			D_A	≤ 57.91 m
PANAMAX	Las (segundas) esclusas del Canal de Panamá fueron puestas en marcha en 1914 y han dictado el diseño de muchos barcos desde entonces.	 **Panamax**	**L_{OA}**	≤ 294.13 m
			B	≤ 32.31 m
			D_L	≤ 12.04 m
			D_A	≤ 57.91 m
SUEZMAX	El Canal de Suez permite un paso sin restricciones practicamente, excepto para algunos petroleros con carga total.	 **Suezmax** *(eslora ilimitada)*	**L_{OA}**	Sin límite
			B	≤ 50 m
			D_L	≤ 20.1 m
			D_A	≤ 68 m
Q-MAX	Q-max es el carguero de GNL prismático de mayor tamaño capaz de atracar en las terminales de Catar, que en particular está limitado por el calado en la región.	 **Q-max**	**L_{OA}**	≤ 345 m
			B	≤ 53.8 m
			D_L	≤ 12 m
			D_A	≤ 34.7 m
SEAWAYMAX	Seawaymax son los barcos más grandes que pueden transitar por las esclusas de la vía marítima de St. Lawrence hacia el Lago Ontario. Barcos más grandes operan en los lagos pero no pueden pasar las esclusas.	 **Seawaymax**	**L_{OA}**	≤ 225.6 m
			B	≤ 23.8 m
			D_L	≤ 7.92 m
			D_A	≤ 35.5 m

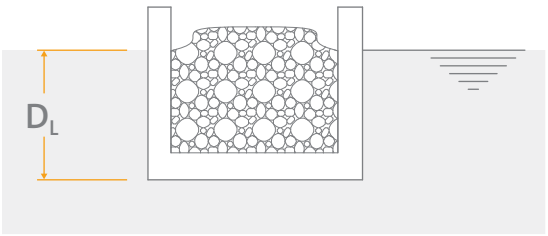
© FenderTeam AG 2014

CARGAS DE BARCOS

La mayoría de los puertos están diseñados para importar o exportar carga, algunas veces ambas. El diferente calado y desplazamiento del barco en estos casos puede ser muy importante para el diseño de las defensas.

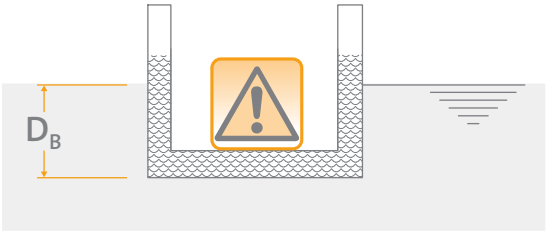
Puertos de importación

Para puertos de importación el barco casi siempre arribará parcial o totalmente cargado. Los barcos sobredimensionados quizás puedan utilizar el puerto pero con una restricción de calado.



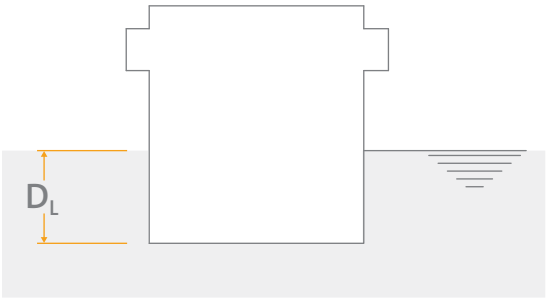
Puertos de exportación

En los puertos de exportación usualmente los barcos arriban en condición de lastre, con agua dentro de tanques especiales para garantizar que los barcos están lastrados apropiadamente, con la hélice y el timón sumergidos y el barco estable y maniobrable. El agua de lastre se descarga mientras se sube la carga.



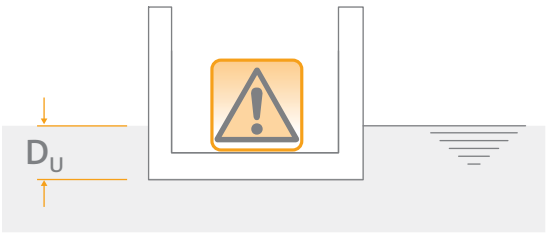
Puertos de Pasaje, Cruceros y RoRo

Tales barcos llevan muy poca carga así que su calado cambia poco entre las condiciones de carga y descarga. En estos casos los barcos deben siempre ser considerados como en carga total para calcular la energía de atraque. El calado mínimo es usualmente de por lo menos 90% del calado de carga total.



Astilleros

Solamente cuando los barcos están en construcción o están siendo reparados es posible que puedan estar en condición ligera - sin carga o lastre. Se debe tener especial cuidado porque algunas características del casco como los cabos pueden asentarse sobre las defensas, o las protuberancias bajo agua pueden estar a nivel de las defensas.



El caso de que las defensas están diseñadas para barcos en calado de lastre o parcialmente cargados, se deberá tener cuidado en caso de que el barco parta totalmente cargado pero tenga que regresar debido a un problema técnico. En puertos de importación/exportación no se deberá considerar el barco como ligero o sin carga.

COEFICIENTE DE BLOQUE DE LASTRE

Para barcos de ""forma completa"", particularmente los petroleros y a granel, es común asumir que el Coeficiente de bloque (C_B) no varía con el calado (D) bajo cualquier condición de carga. Para los otros tipos de barcos el Coeficiente de bloque se irá reduciendo ligeramente mientras se reduce el calado.

Petroleros y a Granel	$D_L \geq D \geq D_U$	$C_B = \frac{M_D}{L_{BP} \cdot B \cdot D_L \cdot \rho_{SW}}$
Otros tipos de Barcos	$D_L \geq D \geq 0.6\, D_L$	
	$D < 0.6\, D_L$	$C_B = 0.9 \cdot \frac{M_D}{L_{BP} \cdot B \cdot D_L \cdot \rho_{SW}}$

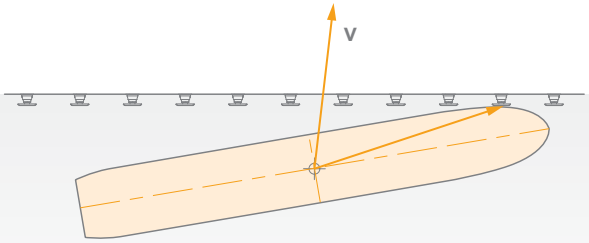
© FenderTeam AG 2014

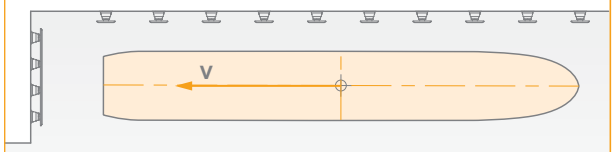
APROXIMACIÓN DEL BARCO

Dependiendo del tipo de barcos y muelles, las naves pueden aproximarse a la estructura de diferentes formas. Este tipo de aproximación debe ser considerada con mucho cuidado para entender el verdadero punto de contacto en el casco, la dirección de velocidad (vector) y otros factores que puedan causar que la defensa se comprima en ángulo, se cizalle bajo fricción, se produzca efecto palanca, etc. Los casos más comunes son:

ATRAQUE DE LADO

- El barco está paralelo o a un pequeño ángulo de la línea de atraque.
- El vector de velocidad se encuentra casi perpendicular a la línea de atraque.
- El barco rota casi en el punto de contacto con la(s) defensa(s) lo que disipa cierta energía cinética.
- El contacto es típicamente entre 20% y 35% de la proa, dependiendo del radio de la proa y la geometría.
- El barco puede golpear una, dos, tres o más defensas dependiendo de su tamaño y del radio de la proa del barco.
- Si la velocidad no es exactamente perpendicular a la línea de atraque entonces habrá algún cizallamiento en las defensas debido a la fricción.



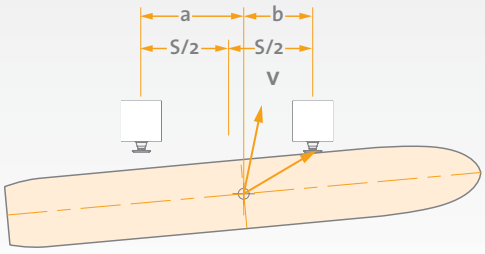


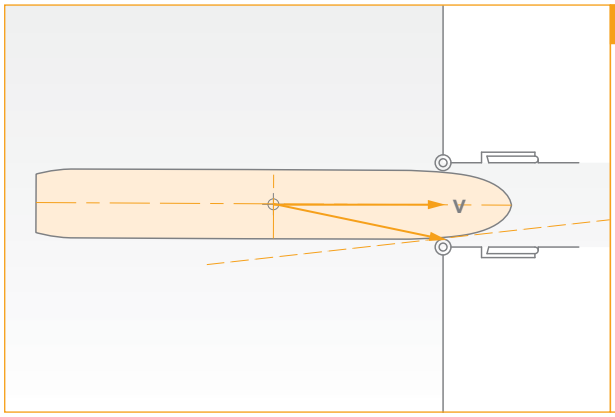
ATRAQUE POR POPA

- El barco se desplaza hacia adelante o atras hacia la estructura.
- Aproximación común a las rampas y pontones RoRo, pero algunas veces aplicado a barcazas y barcos con carga pesada.
- Los ángulos de atraque son usualmente pequeños pero pudiera resul tar entrar en contacto con una sola defensa o una muy pequeña área con la proa del barco o con el cinturon de la popa.
- Las velocidades de atraque pueden ser altas y poca rotación del barco si la hubiera en el punto de contacto, por lo que la defensa debe absorber toda la energía cinética.
- La masa virtual (masa agregada) de agua arrastrada es muy baja debido a un perfil de casco más aerodinámico.

ATRAQUE EN DUQUE DE ALBA

- El barco está paralelo o a un pequeño ángulo de la línea de atraque.
- Método común para terminales de petroleo/gas donde el vector de velocidad es mayormente perpendicular a la línea de atraque.
- También es común para algunos puertos RoRo donde el vector de velocidad puede incluir un componente atras/adelante mayor (hacia la rampa) que puede producir grandes fuerzas de cizallamiento.
- El contacto en terminales de combustible/gas es a menudo entre 30% y 40% de eslora desde la proa o popa, usualmente en la sección plana media del casco.
- El contacto en puertos RoRo es usualmente 25% y 35% de la eslora desde la proa, pero a veces también en el centro del barco en duques de alba exteriores.
- Si la velocidad no es exactamente perpendicular a la línea de atraque entonces habrá cizallamiento en las defensas debido a la fricción.





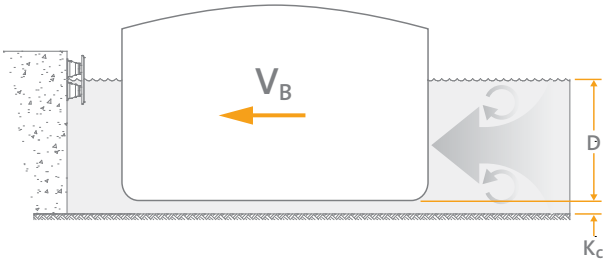
APROXIMACIÓN A ESCLUSA

- La aproximación es usualmente coaxial con la linea central de la esclusa.
- Si el barco se encuentra "fuera del centro" la proa pudiera golpear la esquina del muello así que la línea de atraque es una tangente en relación con el casco del barco.
- El vector de velocidad tiene un gran componente de avance, lo que creará fuerzas de cizallamiento mayores y sostenidas debido a la fricción.
- El punto de contacto puede estar muy hacia adelante por lo que deben considerarse mayores abanicos de proa.
- El punto de contacto puede también estar bastante hacia atrá, 30% de eslora o más de la proa por lo que hay menor rotación para disipar la energía de atraque.

© FenderTeam AG 2014

COEFICIENTE DE MASA AGREGADO (C_M)

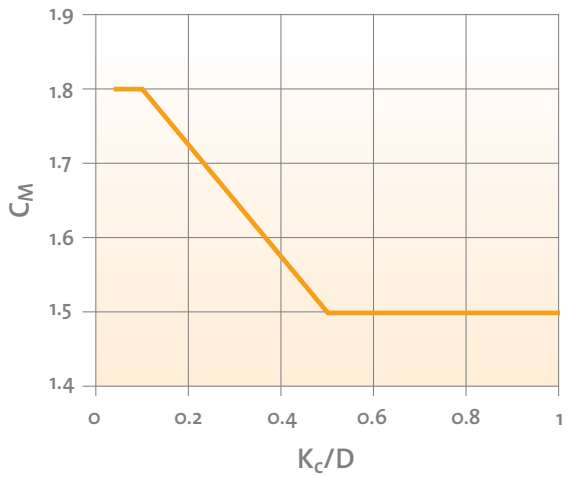
Cuando un barco se mueve de lado hacia el puerto, arrastra consigo una masa de agua. Cuando comienza a reducirse el movimiento del barco a través de las defensas, el momento del agua lo empuja contra el casco del barco que incrementa la energía cinética total que será absorbida. El factor de masa agregado toma en cuenta la masa actual (desplazamiento) del barco y la masa virtual del agua



Hay diferentes estimaciones sobre la verdadera masa virtual del agua moviéndose con el barco, pero se acuerda que el efecto es menor en aguas profundas y mayor en aguas poco profundas. Esto es debido al limitado espacio de bajo quilla (K_C) disponible para el agua que empuja al barco para salir. Algunas fórmulas para el Factor de Masa Agregado consideran esto, pero otras lo contabilizan separadamente dentro del Factor de Configuración de Atraque (C_C). Las formulas comunes para el Factor de Masa Agregado son:

Método PIANC (2002)

PIANC amalgamó los métodos de abajo y el Factor de Configuración de Atraque (C_C) en su reporte del 2002, considerando el efecto de masa agregado y el espacio de bajo quilla dentro del mismo término. Este método es adoptado por EAU-2004 y otros códigos. Con este método C_C=1.



$$\frac{K_C}{D} \leq 0.1 \rightarrow C_M = 1.8$$

$$0.1 < \frac{K_C}{D} < 0.5 \rightarrow C_M = 1.875 - 0.75\left(\frac{K_C}{D}\right)$$

$$\frac{K_C}{D} \geq 0.5 \rightarrow C_M = 1.5$$

donde $D_B \leq D \leq D_L$

Método Shigeru Ueda (1981)

Basados en el modelo de prueba y observaciones en campo, este método es utilizado ampliamente en Japón y en la producción de valores similares o menores comparados con el Método Vasco Costa.

$$C_M = 1 + \frac{\pi \cdot D}{2 \cdot B \cdot C_B}$$

Método Vasco Costa (1964)

Propuesto primero en su publicación "The Berthing Ship" ("El Atraque de Barco", en español) (1964), este método permanece como el más comúnmente utilizado por los estándares internacionales incluyendo BS6349 y otros códigos.

$$C_M = 1 + \frac{2 \cdot D}{B}$$

© FenderTeam AG 2014

COEFICIENTE DE EXCENTRICIDAD (C_E)

Si el vector de velocidad (v) no pasa a través del punto de contacto con la defensa entonces el barco rota al mismo tiempo que comprime la defensa. La rotación disipa parte de la energía cinética del barco y el restante debe ser absorbido por la defensa.

$$C_E = \frac{\textit{Energía cinética transmitida a la defensa}}{\textit{Energía cinética total del barco}} \leq 1$$

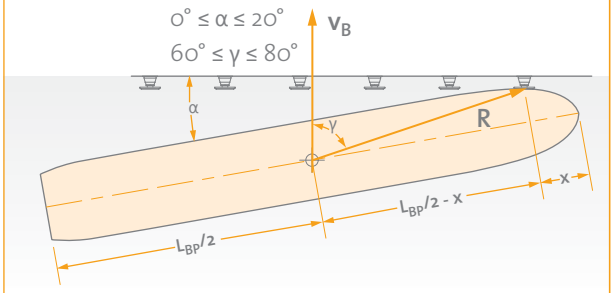
Si la distancia entre el vector de velocidad y el punto contacto de la defensa se incrementa (es decir, es más cercano a la proa) entonces se reduce el C_E , y vice versa. Si el punto de contacto de la defensa está directamente en oposición al centro de masa del barco durante atraque de lado o de popa entonces el barco no rota ($C_E \approx 1$).

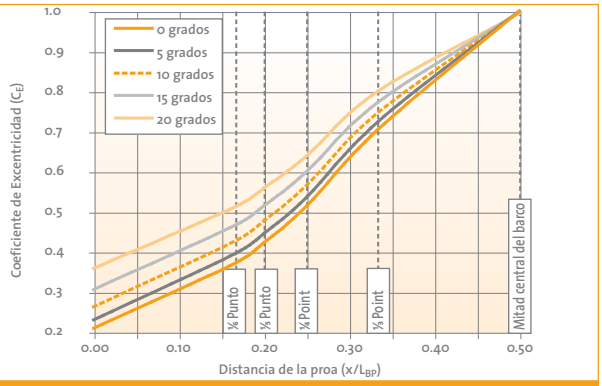
ATRAQUE DE LADO

Típicamente: $0.4 \leq C_R \leq 0.7$

$0° \leq \alpha \leq 20°$

$60° \leq \gamma \leq 80°$

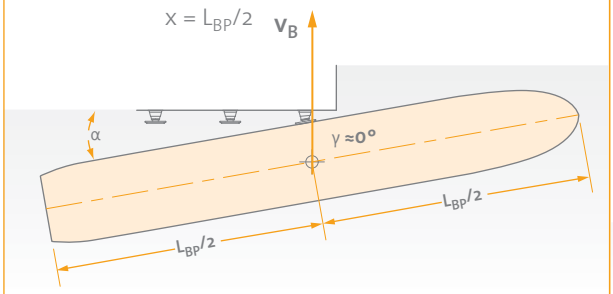




MITAD CENTRAL DEL BARCO

Típicamente: $C_E = 1.0$

$x = L_{BP}/2$



$$C_E = \frac{K^2 + (R^2 \cos^2(\gamma))}{K^2 + R^2}$$

$$K = (0.19 \cdot C_B + 0.11) \cdot L_{BP}$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{L_{BP}}{2} - x\right)^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2}$$

$$\gamma = 90 - \alpha - \text{asin}\left(\frac{B}{2R}\right)$$

El caso especial de $\gamma = 90°$ debe utilizarse con cuidado

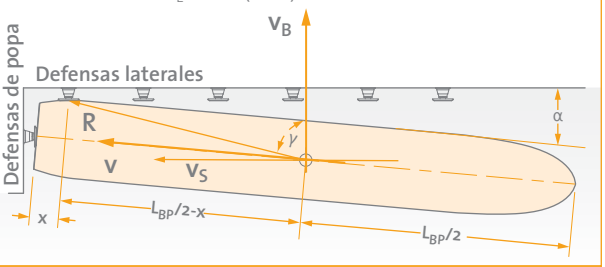
Las aproximaciones comunes del Factor de Excentricidad se realizan para los cálculos de energía rápidos:

Atraque de punto cinco:	$C_E \approx 0.45$
Atraque de punto cuarto:	$C_E \approx 0.50$
Atraque de punto tres:	$C_E \approx 0.70$
Atraque parte central del barco:	$C_E \approx 1.00$
Atraque de popa (RoRo):	$C_E \approx 1.00$

PUERTOS RORO

Típicamente: $0.4 \leq C_E \leq 0.7$ (Side)

$C_E = 1.0$ (End)



Un ejemplo para un carguero de combustible carga total de 100,000dwt (ver página 9), asumiendo un tercer punto de contacto de lado de atraque (típico para postes de amarre) y un ángulo de atraque de 5°:

$M_D = 125{,}000t$ $\quad B = 43.0m$

$L_{BP} = 236m$ $\quad D_L = 15.1m$

$$C_B = \frac{125000}{1.025 \cdot 236 \cdot 43 \cdot 15.1} = 0.796$$

$$K = (0.19 \cdot 0.796 + 0.11) \cdot 236 = 61.7m$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{236}{2} - \frac{236}{3}\right)^2 + \left(\frac{43}{2}\right)^2} = 44.8m$$

$$\gamma = 90° - 5° - \text{asin}\left(\frac{43}{2 \cdot 44.8}\right) = 56.3°$$

$$C_E = \frac{61.7^2 + (44.8^2 \cdot \cos^2(56.3°))}{61.7^2 + 44.8^2} = 0.761$$

© FenderTeam AG 2014

COEFICIENTE DE CONFIGURACIÓN DE ATRAQUE (C_C)

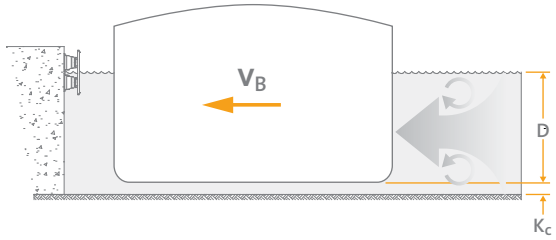
Durante la fase final del atraque un barco empuja un volumen de agua hacia la estructura. Dependiendo en el tipo de estructura, el agua puede fluir libremente a través de las pilas o puede quedar atrapada entre el casco y el concreto. El efecto cojin del agua también dependerá del espacio de la quilla (K_C) y el ángulo de atraque del barco (α). Un gran espacio debajo del casco del barco - quizás en marea alta o cuando se atraque en condiciones de lastre - permitirá que el agua escape debajo del barco. Cuando el barco no atraque en paralelo entonces el agua puede escapar hacia la proa o la popa.

Estructura Sólida

$\frac{K_C}{D} \leq 0.5 \rightarrow C_C \cong 0.8 \ (\alpha \leq 5°)$

$\frac{K_C}{D} > 0.5 \rightarrow C_C \cong 0.9 \ (\alpha \leq 5°)$

cuando $\alpha > 5° \rightarrow \ C_C = 1.0$

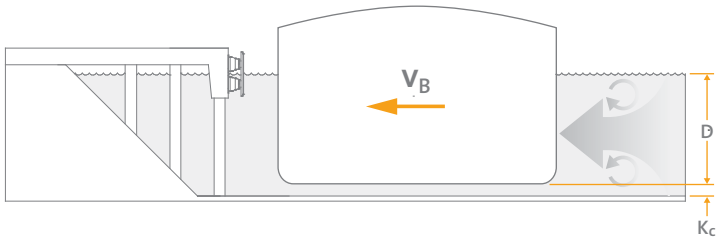


Estructura Parcialmente Cerrada

$\frac{K_C}{D} \leq 0.5 \rightarrow C_C \cong 0.9 \ (\alpha \leq 5°)$

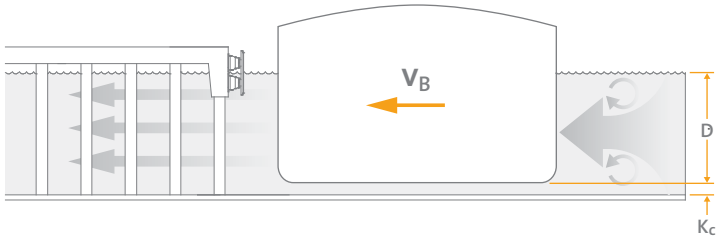
$\frac{K_C}{D} > 0.5 \rightarrow C_C \cong 1.0 \ (\alpha \leq 5°)$

cuando $\alpha > 5° \rightarrow \ C_C = 1.0$



Estructura de Pila Abierta

$C_C = 1.0$



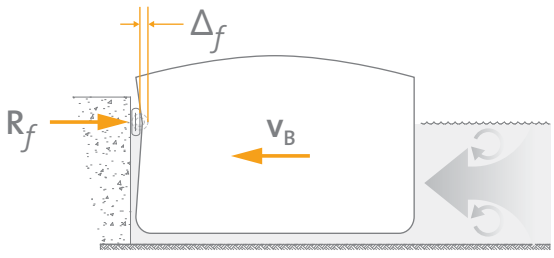
El método PIANC para el factor de Masa Agregada (C_M) toma en consideración el espacio de bajo quilla por lo que en este caso C_C=1. Si se utilizan los métodos Vasco Costa o Shigeru Ueda para la Masa Agregada, entonces C_C puede ser considerado de acuerdo con lo señalado arriba.

COEFICIENTE DE SUAVIDAD (C_S)

Las defensas duras pueden causar que el casco del barco se desvíe elásticamente y absorba una pequeña cantidad de energía. Las defensas modernas se conocen en su mayor parte como ""suaves"" por lo que este efecto no absorbe energía.

$\Delta_f \leq 0.15m \rightarrow C_S \leq 0.9$

$\Delta_f \geq 0.15m \rightarrow C_S \leq 1.0$

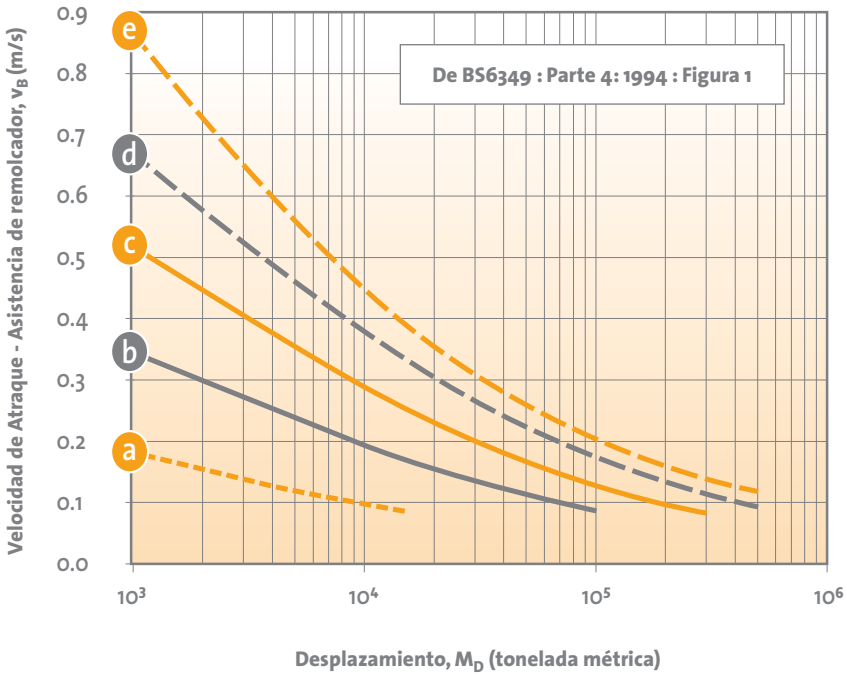


© FenderTeam AG 2014

VELOCIDADES DE ATRAQUE

Las velocidades de atraque de barcos son la variable más importante en el cálculo de energía. La velocidad se mide de forma perpendicular a la línea de atraque ($_VB$) y depende de diversos factores que el diseñador debe tomar en consideración:

- Ya sea que el barco que está atracando es asistido o no por remolques;
- La dificultad de la maniobra de aproximación en el puerto;
- La exposición del puerto debe incluir las corrientes y vientos que empujan el barco;
- El tamaño del barco y si está atracando con carga total, con carga parcial o en lastre



BS6349, PIANC y muchos otros estándares adoptan la gráfica de velocidad de atraque Brolsma. Los valores seleccionados de las curvas son también suministrados en la tabla de abajo. Las condiciones de atraque más comúnmente utilizadas se encuentran representadas por las líneas "b" y "c".

a: Atraque fácil, resguardado
b: Atraque difícil, resguardado
c: Atraque fácil, expuesto
d: Buen atraque, expuesto
e: Atraque difícil, expuesto

Desplazamiento M_D (tonelada métrica)	a	b	c	d*	e**
1,000	0.179	0.343	0.517	0.669	0.865
3,000	0.136	0.269	0.404	0.524	0.649
5,000	0.117	0.236	0.352	0.459	0.558
10,000	0.094	0.192	0.287	0.377	0.448
15,000	0.082	0.169	0.252	0.332	0.391
20,000	*	0.153	0.228	0.303	0.355
30,000	*	0.133	0.198	0.264	0.308
40,000	*	0.119	0.178	0.239	0.279
50,000	*	0.110	0.164	0.221	0.258
75,000	*	0.094	0.141	0.190	0.223
100,000	*	0.083	0.126	0.171	0.201
150,000	*	*	0.107	0.146	0.174
200,000	*	*	0.095	0.131	0.158
250,000	*	*	0.086	0.120	0.146
300,000	*	*	0.080	0.111	0.137
400,000	*	*	*	0.099	0.124
500,000	*	*	*	0.090	0.115

*"*No se recomiendan velocidades de atraque de diseño por debajo de 0.08m/s.*
***PIANC establece que las curvas ""d"" y ""e"" pueden ser altas y deben utilizarse con precaución.*

Atraque sin remolcador

Todas las velocidades en la gráfica y en la tabla asumen barcos convencionales atracando con asistencia de remolcador. Si no se utilizan remolcadores entonces los diseñadores deberán referirse a las gráficas proporcionadas en:

(i) EAU 2004 (Fig. R40-1)
(ii) ROM 0.2-90 (Tabla 3.4.2.3.5.2)

Estos códigos sugieren que las velocidades de atraque sin remolcadores pueden ser 2~3 veces más altas en condiciones favorables, y 1.3~2.3 veces más altas en condiciones desfavorables.

Las velocidades de atraque son para barcos comerciales convencionales. Para tipos de barcos inusuales incluyendo monocascos de alta velocidad y catamaranes, barcazas, remolcadores y naves similares, por favor contacten con el equipo de FenderTeam para su asesoramiento. Para barcos navales, los diseñadores pueden referirse a lo establecido por el Departamento de Defensa de EEUU, UFC 4-152-01 (figuras 5.3 y 5.4).

© FenderTeam AG 2014

ENERGÍA DE ATRAQUE

La energía de atraque del barco se considera en dos etapas:

Energía Normal (E_N)	Energía Anormal (E_A)
La energía normal puede ocurrir rutinaria y regularmente durante la vida útil del puerto sin causar daño a la(s) defensa(s). Se considerará:	La energía anormal casi nunca se sobrepasa durante la vida útil de la(s) defensa(s), y no produciría un daño significativo a la(s) defensa(s). Se considerará:
► Todos los tipos de barcos utilizando el puerto ► Posibles desplazamientos durante atraque (no necesariamente con carga completa) ► Frecuencia de atraque ► Facilidad o dificultad de la maniobra de aproximación ► Condiciones del tiempo locales ► Fuerza de marea o corrientes ► Disponibilidad y potencia de los remolcadores	► El fallo de la defensa en operaciones portuarias ► Barcos excepcionales ocasionalmente ► Barcos grandes con velocidades muy lentas que necesitan de habilidades especiales durante las maniobras de atraque ► Cargas peligrosas e impacto ambiental ► Error humano ► Fallo del equipo

ENERGÍA NORMAL

La energía cinética de atraque (EN) del barco sera determinada como:

$$E_N = 0.5 \cdot M_D \cdot V_B^2 \cdot C_M \cdot C_E \cdot C_C \cdot C_S$$

FACTOR DE SEGURIDAD (η)

El factor de seguridad toma en cuenta los eventos y circunstancias que pueden causar que la energía normal sea excedida. PIANC establece que ""la opinión de los diseñadores es de suma importancia para determinar el factor apropiado"". Se debe tener cuidado para evitar que los factores de seguridad excesivos que desempeñaran las defensas demasiado grandes o muy duras para barcos más pequeños, particularmente cuando hay una amplia gama de tamaños de barcos utilizando el puerto. PIANC sugiere algunos factores de seguridad (también adoptados por EAU-2004, otros códigos.

TIPO DE NAVE	MAS GRANDE	MAS PEQUEÑA	COMENTARIOS E INTERPRETACIONES
Petroleros	1.25[A]	1.75[B]	A: Suezmax y mayores B: Handymax y menores
Cargueros a Granel	1.25[A]	1.75[B]	A: Capsize y mayores B: Handymax y menores
Cargueros de Gas	1.50~2.00		Sin orientación de PIANC. Seguridad crítica por lo que se requiere un factor alto.
Portacontenedores	1.50[A]	2.00[B]	A: Post-Panamax y mayores B: Panamax y menores
Carga General, cargueros	1.75		Utilizar factores y velocidades altas si no hay remolcadores disponibles
RoRo y Ferris	≥2.00		Puede ser necesario tener factores de seguridad altos en los muelles más expuestos.
Transportes de Vehículos	2.00		Sin orientación de PIANC. Una amplia zona de vientos puede hacer difícil el atraque.
Cruceros	2.00		Sin orientación de PIANC. Una amplia zona de vientos puede hacer difícil el atraque.
Ferris rápidos	≥2.00		Sin orientación de PIANC. Los barcos poseen una velocidad de maniobrabilidad limitada.
Remolcadores, barcos de trabajo	2.00		Vienen en todos los tamaños y formas. Muchos desconocidos.

A menos que se especifique los contrario, los valores sugeridos son de PIANC 2002 (Tabla 4.2.5).

ENERGÍA ANORMAL

La energía cinética anormal de atraque (E_N) del barco se determina como:

$$E_A = E_N \cdot \eta$$

La capacidad de energía de la defensa (E_{RPD}) siempre deberá ser mayor que la energía anormal (E_A). La selección de la(s) defensa(s) también deberá considerar la temperatura de fabricación, ángulo de compresión, temperaturas de operación y velocidades de compresión. Refiérase a la página 26.

$$E_{RPD} \geq \frac{E_A}{f_{TOL} \cdot f_{ANG} \cdot f_{TEMP} \cdot f_{VEL}}$$

© FenderTeam AG 2014

CONTENIDO (Sección 2 de 2)

SECCIÓN 1 : CÁLCULO DE ENERGÍA DE ATRAQUE 03

Las tablas de barcos y la metodología para calcular la energía de atraque están cubiertas en la PARTE 1.

SECCIÓN 2 : GUÍA DE SELECCIÓN DE DEFENSA 23

Selección de la Defensa 24

Capacidad de Energía y Factores Ambientales 26

Eficiencia de la Defensa 27

Aplicaciones de la Defensa 28

Espaciado entre Defensas 29

Contacto en Múltiples Defensas 30

Momento de Flexión 31

Construcción del Panel 32

Paneles de la Defensa y Presiones del Casco 33

Distribución de la Presión 34

Placas de Baja Fricción y Fijaciones 35

Diseño de Cadena 36

Caída de la Cadena y Diseño de los Anclajes 37

Ruedas y Rodillos 38

Diseño de la Defensa de Espuma 40

Compresión Angular 41

Instalación de la Defensa de Espuma 42

Defensa Tipo Dona 44

Aplicaciones de la Defensa Tipo Dona 45

Instalación de la Defensa neumática 46

Defensas Hidroneumáticas 47

Prevención ambiental y de corrosión 48

Ánodos, Recubrimientos de pintura, Acero Inoxidable 49

Pruebas de Rendimiento 50

Certificados de Aprobación Tipos 51

Cuestionario de Proyecto 52

Factores de Conversión 54

Garantía postventa 55

© FenderTeam AG 2014

SELECCIÓN DE DEFENSAS

Antes de seleccionar las defensas el diseñador deberá revisar todos los requerimientos del proyecto y cualquier otra información disponible incluyendo códigos y lineamientos de referencia de diseño. La lista que se muestra abajo actúa como una lista de revisión útil para identificar qué información se conoce de las especificaciones y cuál es la información que se asume faltante y para investigación posterior. Algunos datos de diseño provienen de cálculos por lo que es igualmente importante resaltarlos si estos cálculos están basados en información conocida y/o asumida.

- ☑ Tamaños de barcos
- ☑ Tipos de barcos o clases
- ☑ Condición de cargado o lastre
- ☑ Espacios de bajo quilla

- ☑ Modo de atraque
- ☑ Frecuencia de atraque
- ☑ Velocidad de aproximación
- ☑ Ángulos de atraque
- ☑ Punto de impacto

- ☑ Ángulos de abanico de proa
- ☑ Radio de proa
- ☑ Cinturones
- ☑ Puertas laterales y protuberancias del casco
- ☑ Niveles de francobordo

- ☑ Construcción de muelle
- ☑ Nivel de tapa y niveles de soporte
- ☑ Ancho disponible para ""huella"" de defensa
- ☑ Nivel del lecho marino
- ☑ Diseño de rangos de mareas
- ☑ Estructuras nuevas o existentes
- ☑ Juntas de construcción o de expansión

- ☑ Rangos de temperatura
- ☑ Flujos de hielo
- ☑ Corrosión local

© FenderTeam AG 2014

SELECCIÓN DE DEFENSAS

Otros criterios de diseño de las defensas pueden ser especificados o asumidos de acuerdo con reglas de buena práctica, tipos de atracaderos y condiciones locales utilizando la experiencia del diseñador. Hay muchos aspectos que considerar en el diseño de las defensas y la correcta selección incrementará el rendimiento, mejorará las operaciones y reducirá el mantenimiento. Algunas veces hasta el más pequeño detalle de cómo utilizar placas de baja fricción lateral o agregar una tolerancia de corrosión a las cadenas puede extender la vida de servicio con un costo extra mínimo.

- Tipo de defensa (fija, flotante, etc.) ☑
- Tamaño y grado de la defensa ☑
- Factores de temperatura, angulares y velocidad ☑
- Tolerancia de fabricación ☑
- Tipo aprobado según PIANC, ASTM o ISO ☑
- Pruebas, certificación y atestiguamiento ☑

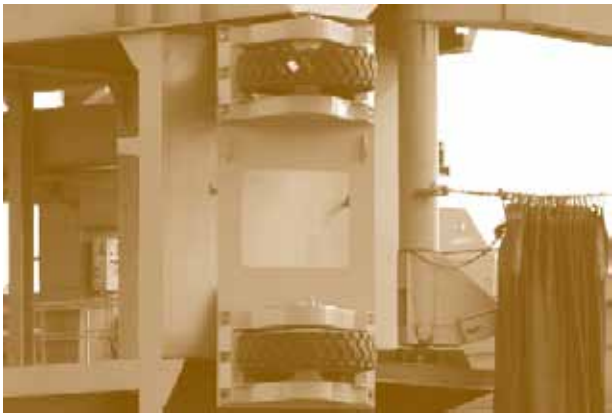
- Presiones del casco ☑
- Altura y ancho de panel ☑
- Bordes de chaflanes o biseles ☑
- Momento de flexión ☑
- Diseño de caja de panel abierta o cerrada ☑
- Grados de acero (rendimiento, baja temperatura, etc.) ☑
- Tolerancia de corrosión ☑

- Durabilidad de la pintura (ISO12944, etc.) ☑
- Grosor de película delgada ☑
- Tipo de pintura ☑
- Colores de capa superior ☑

- Material de la placa de baja fricción ☑
- Tolerancia de desgaste ☑
- Color ☑
- Tamaño y peso de la placa de contacto ☑
- Método de fijación y grado de perno ☑

- Peso, cizallamiento y tensión de cadenas ☑
- Tipo, grado y acabado de eslabón ☑
- Anclajes de conexión a la estructura ☑
- Conexión al panel de la defensa ☑
- Cadenas ajustadas o con tolerancia ☑
- Factor de seguridad de carga de trabajo ☑
- Enlace débil (PIANC) ☑
- Tolerancia de corrosión ☑

- Anclajes empotrados o químicos ☑
- Grado y acabado de material ☑
- Anillas o tuercas de cierre/bloqueo ☑
- Arandelas especiales ☑

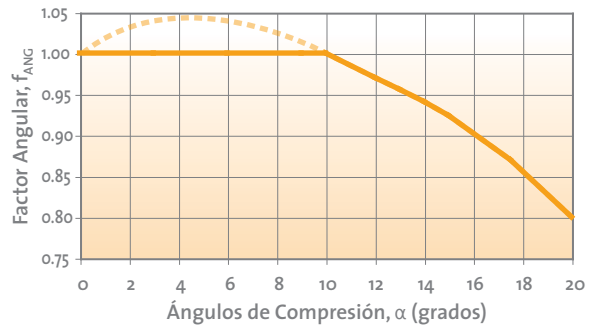


© FenderTeam AG 2014

CAPACIDAD DE ENERGÍA

En todos los casos la defensa debe tener una capacidad de absorción de energía mayor o igual a la energía de atraque anormal calculada del barco (u obtenida de las especificaciones establecidas de la Energía requerida que se define en PIANC). Se deberán tomar en cuenta las tolerancias de fabricación de la defensa (fTOL) y los efectos de la temperatura, velocidad de compresión y ángulos de compresión (horizontal y vertical).

Los diferentes tipos de defensas y materiales responden de diferentes formas a estos efectos por lo que se recomienda consultar el catalogo de productos FenderTeam o preguntar los datos específicos del tipo y material que está siendo utilizado. Los datos mostrados son típicos para defensas SPC.

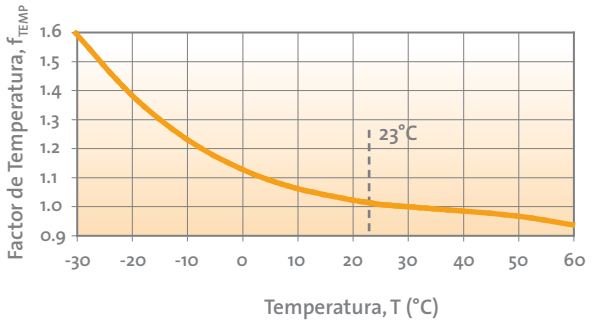


Factor Angular (f_{ANG})

Algunas defensas pueden estar afectadas por ángulos de compresión ya que algunas áreas del caucho o espuma se comprimen más que otras. El ángulo estándar es 0°.

La energía mínima de la defensa ocurrirá en el ángulo de compresión más grande. f_{ANG} deberá determinarse utilizando el ángulo compuesto (vertical y horizontal) para defensas cónicas y de celda. fANG deberá determinarse utilizando los factores individuales verticales y horizontales para los tipos lineales como las defensas de arco, cilíndricas y de espuma.

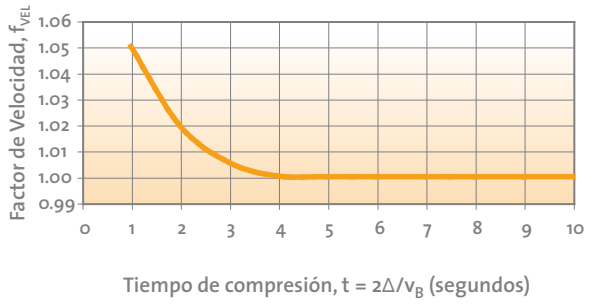
Los factores angulares >1.0 usualmente son ignorados.



Factor de Temperatura (f_{TEMP})

El caucho y la espuma, como la mayoría de los materiales, se ablandan cuando se calientan, y se endurecen cuando se enfrían. El dato estándar de temperatura es de 23°C (f_{TEMP} = 1).

La energía mínima de la defensa ocurrirá a la temperatura de operación más alta, la fuerza de reacción maxima ocurrirá a la temperatura de operación más baja.



Factor de Velocidad (f_{VEL})

El caucho y la espuma tienen propiedades visco-elásticas, esto significa que trabajan parcialmente como un resorte y parcialmente como un amortiguador. El dato estándar de velocidad inicial de impacto es 0.15m/s.

Este factor depende de la tasa de tensión y del tamaño de la defensa, por lo que el factor de velocidad se determina a partir del tiempo de compresión, donde t= 2Δ/v_B . El factor de reacción máximo de la defensa ocurrirá a la velocidad de impacto mas alta.

En la práctica, la mayoría de las compresiones tardan mas de 4 segundos.

DATOS TASA DE RENDIMIENTO (DTR)

DTR es el rendimiento publicado o de catalogo de la defensa a 23°C, velocidad de impacto inicial de 0.15m/s, ángulo de compresión 0° y tolerancia media.

E_{RPD} es la energía de la defensa a DTR
R_{RPD} es la reacción de la defensa a DTR

TOLERANCIA DE DEFENSA (f_{TOL})

f_{TOL} es la tolerancia de fabricación para el tipo de defensa, típicamente de ±10% para defensas de caucho moldeadas, ±20% para defensas de caucho extruidas y ±15% para defensas de espuma.

Por razones históricas la tolerancia de la defensa neumática es 0% para la energía (llamada como la "energía de absorción garantizada" o EAG [GEA, por sus siglas en inglés]) y ±10% para la reacción.

ENERGÍA MÍNIMA DE LA DEFENSA (E_F)

$$E_F = E_{RPD} \cdot f_{TOL} \cdot f_{ANG} \cdot f_{TEMP} \cdot f_{VEL}$$

REACCIÓN MÁXIMA DE LA DEFENSA (R_F)

$$R_F = R_{RPD} \cdot f_{TOL} \cdot f_{ANG} \cdot f_{TEMP} \cdot f_{VEL}$$

© FenderTeam AG 2014

EFICIENCIA DE LA DEFENSA

Cada tipo de defensa tiene diferentes características. Cualquier comparación deberá comenzar revisando el ratio de energía a una tolerancia extrema baja (E_{LET}) y reacción a una tolerancia extrema alta (R_{HET}). La eficiencia de la defensa (E_{ff}) - sera la fuerza en la estructura por unidad de energía absorbida.

Cónica Sencilla	Doble cónica	Cilíndrica	Neumático	Espuma
1 pza/sistema SPC1000 G2.1	2 pza/sistema SPC800 G2.0	1 pza/sistema 1400x700x2300L	1 pza/sistema 2000x3500(0.8)	1 pza/sistema OG 2000x4000 STD
E_{LET}: 501 x 0.9 = 451kNm R_{HET}: 955 x 1.1 = 1051kN Eff: 451/1051 = 0.43	E_{LET}: 498 x 0.9 = 448kNm R_{HET}: 1186 x 1.1 = 1305kN Eff: 448/1305 = 0.34	E_{LET}: 506 x 0.9 = 455kNm R_{HET}: 1771 x 1.1 = 1948kN Eff: 455/1948 = 0.23	E_{LET}: 491 x 1.0 = 491kNm R_{HET}: 1315 x 1.1 = 1447kN Eff: 491/1447 = 0.34	E_{LET}: 540 x 0.85 = 459kNm R_{HET}: 1005 x 1.15 = 1156kN Eff: 459/1156 = 0.40

Esta comparación solo considera energía, reacción y tolerancias de fabricación. Una comparación mas detallada tomaría en consideración los ángulos de compresión, temperatura y velocidad de impacto. Existen otros factores también, incluyendo la idoneidad de mareas altas o bajas, altura y deformación de la(s) defensa(s), impactos a bajo nivel, presión del casco, cinturones, defensas anti-marcas, facilidad de instalación, mantenimiento, durabilidad y precio.

ANÁLISIS DE RIESGO

Cada suposición realizada en el diseño contiene un riesgo. Se puede estimar la probabilidad y frecuencia de los eventos en particular que se desarrollan durante la vida de trabajo de las defensas o la estructura. Quizás no sea comercialmente viable el protegerse contra cada riesgo menor, pero si existe una alta probabilidad de algunos de estos eventos, y estos eventos tienen consecuencias importantes, entonces un análisis de riesgo ayudará a los diseñadores en la selección de la mejor defensa.

$$P = \left(1- \left(1- \frac{1}{Y}\right)^{N}\right) \cdot 100\%$$

P = Probabilidad a que un evento sea igual (o excedido) al menos una vez en un momento dado
Y = Periodo de retorno de un evento
N = Vida de servicio

EJEMPLO 1

El barco más grande atraca 12 veces al año.
Golpea las defensas a la velocidad más alta una vez cada 100 atraques. Atraca con el ángulo más grande una vez cada 40 atraques. Se asume la vida de servicio de la defensa (N) en este caso es 25 años.
La probabilidad de este evento a cualquier nivel de marea es:

$$Y = 1/ \left(12 \cdot \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{40}\right) = 333 \text{ años}$$

$$P = \left(1- \left(1- \frac{1}{333}\right)^{25}\right) \cdot 100\% = 7.2\%$$

Los diseñadores pueden considerar que esto es significativo

EJEMPLO 2

El barco más grande atraca 12 veces al año.
Golpea las defensas a la velocidad más alta una vez cada 100 atraques. Atraca con el ángulo más grande una vez cada 40 atraques. Se asume la vida de diseño de la defensa (N) en este caso es 25 años. La probabilidad de que este evento ocurra a LAT (cada 18.5 años) es:

$$Y = 1/ \left(12 \cdot \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{40} \cdot \frac{1}{18.5}\right) = 6167 \text{ años}$$

$$P = \left(1- \left(1- \frac{1}{6167}\right)^{25}\right) \cdot 100\% = 0.4\%$$

Los diseñadores pueden considerar que esto no es significativo

© FenderTeam AG 2014

APLICACIONES DE LAS DEFENSAS

Una correcta selección de defensas será un activo para el puerto, proporcionando operaciones suaves y libres de problemas.

TIPOS DE BARCOS	SPC	CSS	FE	PM	PVT	V-SX	V-SXP	V-SH	CYL	RF	WF	PNEU	HYD-PN	ESPUMA	DONA	EXT
Petroleros	■	■	■	■	■							⚠		■		
Cargueros a Granel	■	■	■	■	■	■	■	■	■							
Cargueros de Gas	■	■	■	■	■											
Barcos de Contenedores	⚠	⚠	⚠									■		■		
Carga General	■	■	■	■	■	■	■	■	■			■		■		■
Barcazas	■	■	■			■	■	■	■			■		■		■
RoRo Ferris	■	■	⚠	■	■				■			■		■		
Transportadores de Vehículos	■	■	⚠	■	■											
Barcos de Crucero	■	■	■	■	■							■		■		
Ferris rápidos	■	■	■	■	■							⚠		■		
Barcos de superficie navales	■	■	■			■	■	■	■			■		■		■
Submarinos					■								■	⚠	⚠	

APLICACIONES	SPC	CSS	FE	PM	PVT	V-SX	V-SXP	V-SH	CYL	RF	WF	PNEU	HYD-PN	ESPUMA	DONA	EXT
Embarcadero lineal/atr	■	■	■	■	■	■	■	■	■			■		■		■
Dolphins	■	■	■	■	■				⚠			⚠		■		■
Pilotes	■	■	■	■	■										■	
Franco bordos de barcos bajos	■	■	■	■	■	⚠	⚠	⚠	⚠			⚠		⚠	■	■
Barcos con cinturón	■	■	⚠	■	■	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠		⚠	⚠	⚠
Abanicos de proa grandes	⚠	⚠	⚠						⚠	⚠	⚠	■		■	⚠	
Grandes zonas de mareas	■	■	⚠	■	■	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	■		■	■	■
Pequeñas zonas de mareas	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Zonas de hielo	⚠	⚠	■													
Estructuras guía	■	■	⚠	■	■		■	■	■	■	■				■	■
Puertos apartadero	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■		■	⚠	■
Defensas de rampas RoRo	⚠	⚠	⚠	■	■	■	■	■	■							■
Esclusas de entrada	⚠	⚠	⚠			■	■	■	■	⚠	⚠				⚠	■
Esclusas de pared						■	■	■		⚠		■		■		■
Astilleros	■	■	■			■	■	■	■	⚠	⚠	■		■		■
De barco a barco												■		■		
Defensas de barco												■		■		
Puertos temporales									■			■		■		

■ Tipo de defensa generalmente adecuada

■ Adecuada para algunas aplicaciones en estas categorías

⚠ Requiere conocimiento especializado del producto - Pregunte al Equipo de FenderTeam

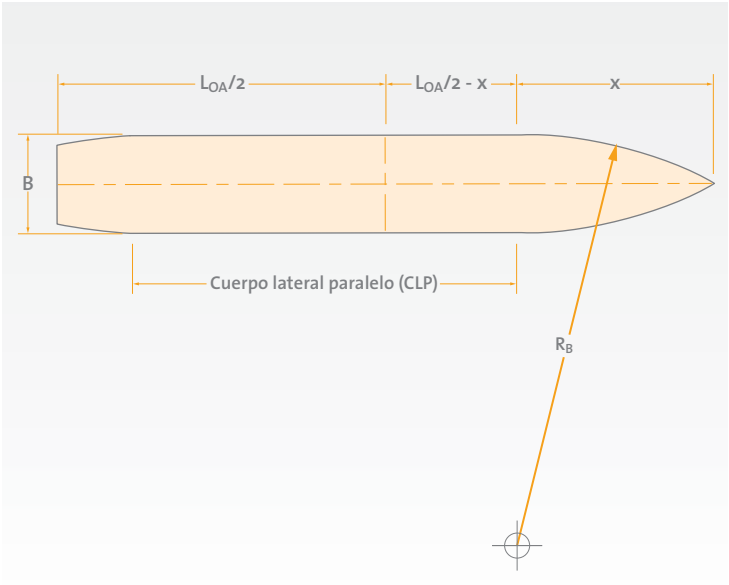
© FenderTeam AG 2014

ESPACIADO DE DEFENSAS

Los estándares de diseño como BS6349 establecen que la defensa puede ser un sistema sencillo o varios sistemas lo suficientemente juntos como para que todos se muevan durante el impacto de atraque. El radio de proa del barco, el ángulo de abanico de proa y el ángulo de atraque determinarán la selección de la(s) defensa(s) y la distancia entre defensas.

RADIO DE PROA

Se asume a menudo que los barcos tienen un radio de curvatura del casco constante desde la proa hasta el cuerpo lateral paralelo (CLP) (Parallel side body, PSB, por su nombre y siglas en inglés). Los barcos aerodinámicos que están diseñados para altas velocidades (es decir, barcos de crucero, contenedores y algunos RoRo) tendrán una curvatura de proa que se extiende hacia la parte anterior del casco. Un barco diseñado para llevar la carga máxima (es decir, carguero a granel o petrolero) tendrá una curvatura de proa más corta.



El grado de curvatura de la proa a veces se estima teniendo en cuenta el coeficiente de bloque del barco:

$$C_B < 0.6 \rightarrow \frac{x}{L_{OA}} \approx 0.3$$

$$0.6 \leq C_B < 0.8 \rightarrow \frac{x}{L_{OA}} \approx 0.25$$

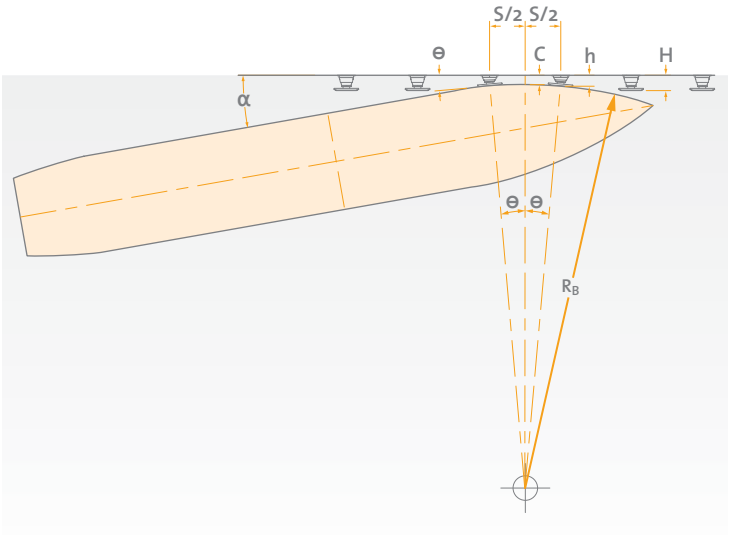
$$C_B \geq 0.8 \rightarrow \frac{x}{L_{OA}} \approx 0.2$$

El radio de proa se puede calcular como:

$$R_B = \frac{x^2}{B} + \frac{B}{4}$$

CABECEO DE DEFENSA

Grandes espacios entre defensas permitirá a los barcos, especialmente a los pequeños, hacer contacto con la estructura. En todo momento deberá haber un espacio entre el barco y la estructura, usualmente de 5~15% de la proyección de la defensa sin comprimir (incluyendo cualquier panel de defensa, espaciadores tipo bobina, etc.).



La distancia entre defensas es:

$$S \leq 2\sqrt{R_B^2 - (R_B - h + C)^2}$$

S = espacio entre defensas
RB = Radio de la proa
H = Altura de la defensa sin comprimir
h = Altura de la defensa comprimida
C = Distancia al embarcadero
α = Ángulo de atraque
θ = Ángulo tangencial con la defensa

El ángulo de contacto con la defensa es:

$$\theta = \operatorname{asin}\left(\frac{S}{2 \cdot R_B}\right)$$

BS6349 sugiere que:

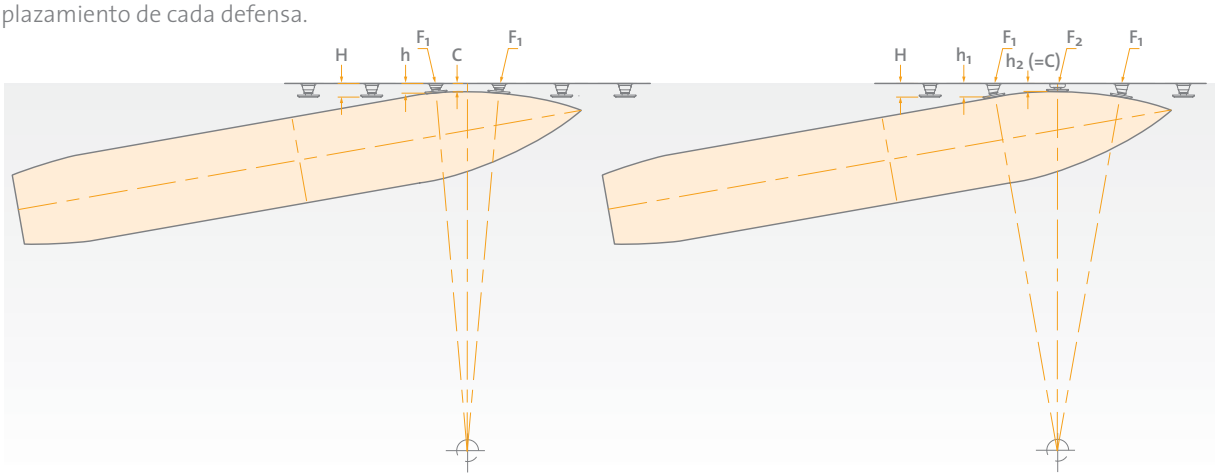
$$S \leq 0.15\, L_S$$

L_S = Largo total del barco más corto

© FenderTeam AG 2014

CONTACTO EN MÚLTIPLES DEFENSAS

Dependiendo del radio de la proa y del espaciado entre defensas, los barcos pueden contactar con más de una defensa cuando está atracando. Si esto sucede, la energía de atraque total será absorbida de acuerdo con el respectivo desplazamiento de cada defensa.



Contacto Uniforme a la Defensa (2, 4 etc.)	Contacto No Uniforme a la Defensa (1, 3, 5 etc.)
► La energía se divide de forma equitativa entre dos defensas	► La energía es absorbida por una defensa más las defensas a ambos lados
► Deformación reducida de cada defensa	► Es posible un deformación media de la defensa mayor
► Reacción total mayor hacia la estructura del muelle	► Es importante el abanico de la proa
► El espacio (C) dependerá del radio de la proa y el abanico de la proa	► Contacto sencillo de la defensa en barcos pequeños
► Barcos con radio de proa pequeños pueden acercarse más a la estructura	► Contacto múltiple de las defensas para los barcos mas grandes

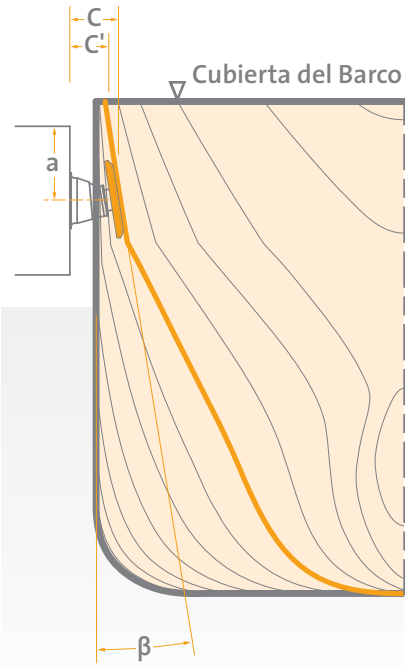
ABANICO DE LA PROA

El ángulo de proa del barco en el punto de contacto puede reducir el espacio efectivo entre el casco y la estructura:

$$C' = C - a \cdot \sin(\beta)$$

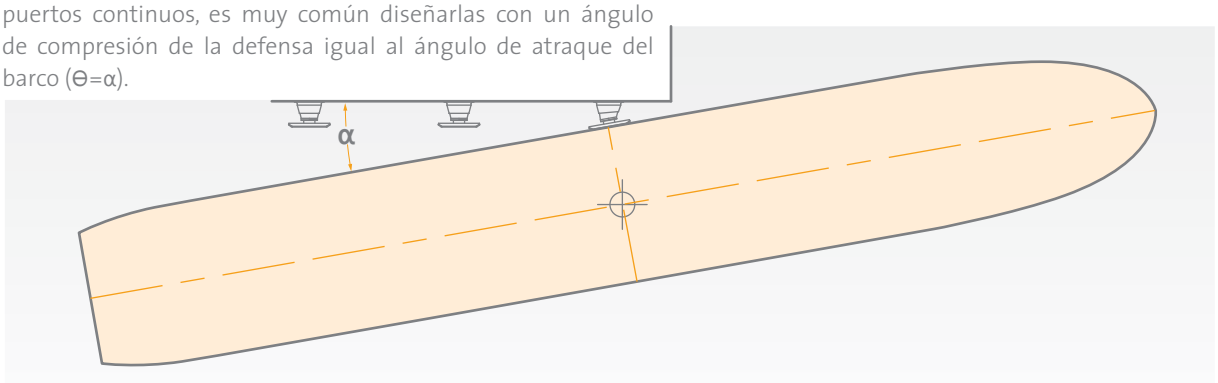
C' = espacio en el abanico de la proa
C = espacio debido al radio de la proa y la deformación de la defensa
a = altura desde la defensa a la cubierta del barco (o a la parte superior de la estructura, cualesquiera que fuera más baja).
β = ángulo de abanico de la proa del panel de la defensa, espaciadores tipo bobina etc.).

Siempre hay que revisar el espacio entre el panel o anclajes de la defensa con la estructura.



DOLPHINS Y DEFENSAS DE EXTREMO

En estructuras tipo dolphin y para las defensas de extremo en puertos continuos, es muy común diseñarlas con un ángulo de compresión de la defensa igual al ángulo de atraque del barco (Θ=α).



© FenderTeam AG 2014

MOMENTO DE FLEXIÓN

Los paneles de las defensas están diseñados para distribuir las fuerzas en el casco del barco. Los barcos normalmente hacen contacto con el panel de las defensas en uno o dos puntos o como un contacto plano en su casco. Esto crea momentos de flexión y fuerzas de cizallamiento en la estructura del panel. Los momentos de flexión y las fuerzas de cizallamiento se estiman usando simples métodos estáticos. Se requiere de un análisis más detallado para estudiar los complicados efectos provocados en los casos de cargas asimétricas. Se debe tener especial cuidado en zonas donde se concentran los esfuerzos tales como en las abrazaderas de cadenas y conexiones de pernos. El Equipo de FenderTeam está equipado para proveer asistencia con avanzado análisis estructural según códigos y normas europeas.

CASOS DE DISEÑO

Se muestran abajo algunos casos comunes de diseño:

CONTACTO MEDIO DEL CINTURÓN

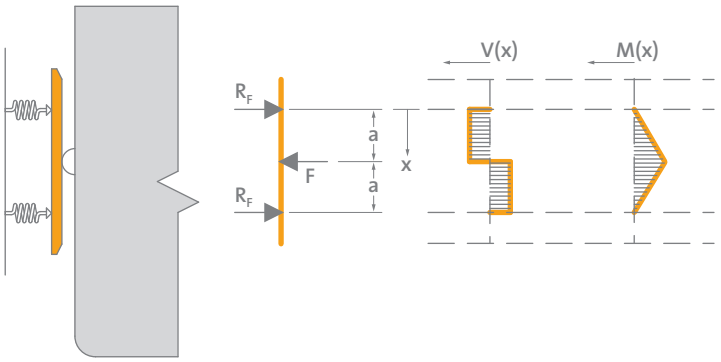
Un barco con cinturón que contacta en el medio del panel causará momentos de flexión altos. Las defensas superior e inferior estarán comprimidas de igual manera y ambas pueden alcanzar reacciones máximas.

$L = 2a$

$F = 2R_F$

$V(x = a) = R_F$

$M(x = a) = F \cdot L / 4$



Máxima fuerza de cizallamiento V(x) y momento flector M(x) pueden coincidir en el centro del panel.

CONTACTO BAJO DEL CINTURÓN

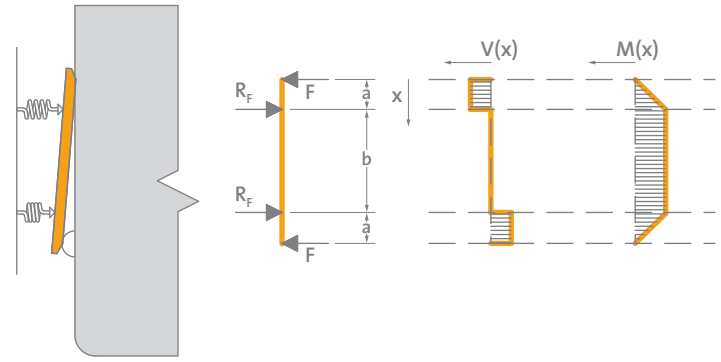
Los contactos bajos por cinturón provocan que el panel se incline con una flexión desigual de las defensas. La parte superior puede hacer contacto con el casco del barco, creando una larga porción del panel que debe resistir el momento.

$L = 2a + b$

$F = R_F$

$V(x = a) = F$

$M(x = a) = F \cdot a$



La Fuerzas máximas de cizallamiento V(x) y momento flector M(x) coinciden en las posiciones de las defensas. Si el contacto del cinturón se produce por debajo del punto de equilibrio, el panel en la parte inferior es empujado hacia adentro.

CONTACTO PLANO DEL CASCO

Los barcos con franco bordo alto y lados planos pueden hacer contacto completo con el panel de la defensa. Los sistemas pueden estar integrados por una o más unidades de caucho que se comprimirán de forma equitativa.

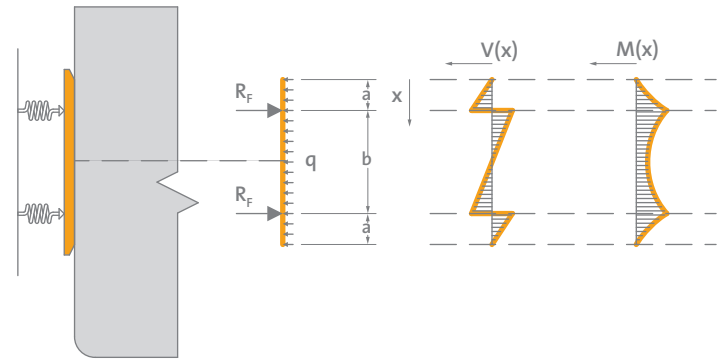
$L = 2a + b$

$q = 2R_F / L$

$V(x = a) = q \cdot a$

$M(x = a) = q \cdot a^2/2$

$M(x = L/2) = M(x = a) - q \cdot b^2/8$



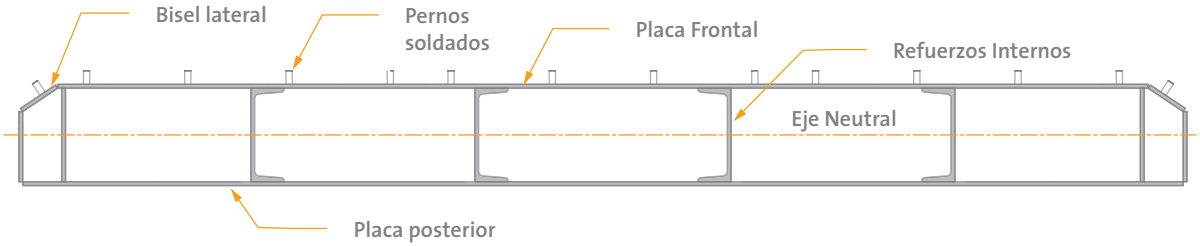
Las fuerzas máximas de cizallamiento V(x) y momento flector M(x) a veces coinciden en las posiciones de las defensas. Un análisis simple asume un panel simétrico y reacciones iguales (R_F) en las defensas.

© FenderTeam AG 2014

CONSTRUCCIÓN DEL PANEL

La mayoría de los paneles de defensas modernos utilizan una construcción tipo ""caja cerrada"". Este método de diseño tiene una alta fortaleza al ratio de peso y crea una forma exterior simple que es más fácil de pintar y mantener. El interior del panel se prueba a presión para confirmar que está completamente sellado del medio ambiente y de cualquier ingreso de agua.

Una sección transversal típica del panel incluye diversos refuerzos verticales, normalmente secciones en U o secciones en T, fabricadas con placas de acero. El grosor, tamaño del panel exterior y el tipo de refuerzos dependerán de muchos factores. Los ingenieros de FenderTeam aconsejarán el mejor diseño para cada caso.

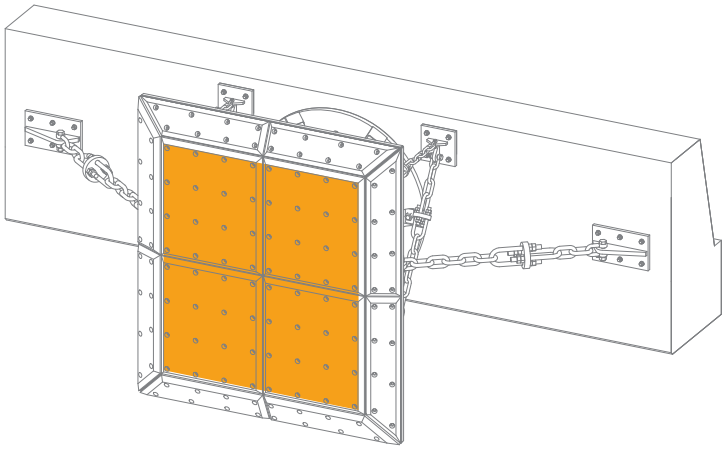


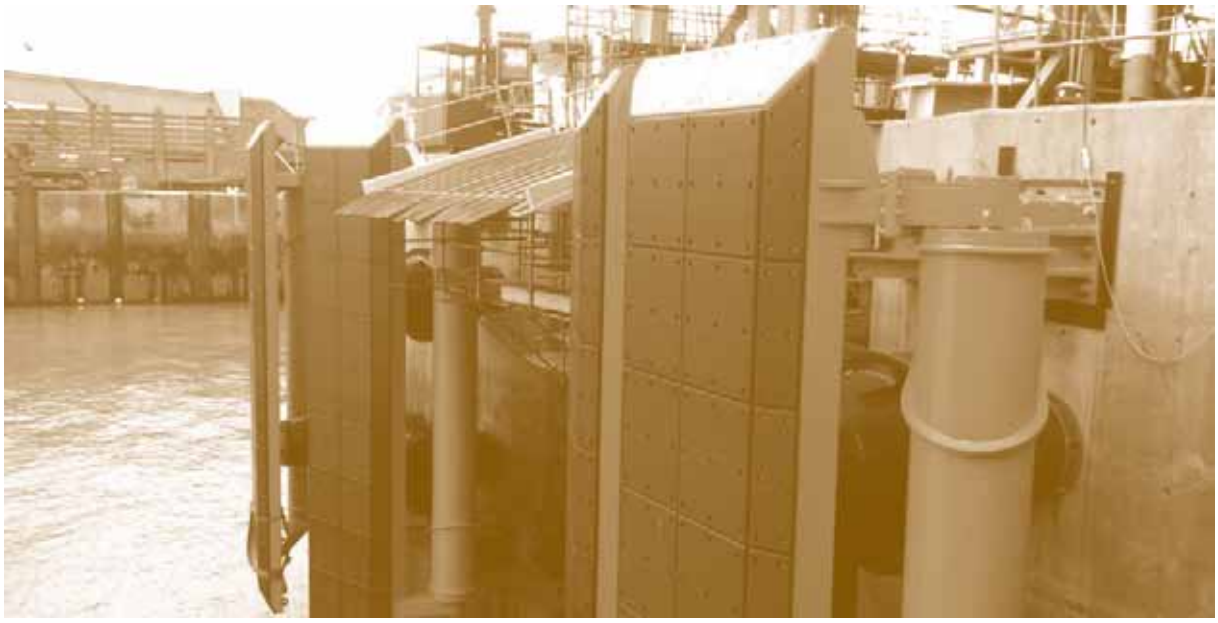
Se producen diferentes acciones sobre el panel de la defensa que causan momentos, fuerzas de cizallamiento, torsión, aplastamiento y fatiga.

Los ambientes marinos exigen capas de pintura de calidad que previenen que el acero se corroa y que por lo tanto mantenga la fortaleza del panel.

Las temperaturas bajas exigen grados de acero especiales para que no se vuelvan quebradizos.

Las placas de fricción deben estar aseguradas al panel firmemente, pero permitiendo un fácil reemplazo durante la vida útil de la(s) defensa(s).



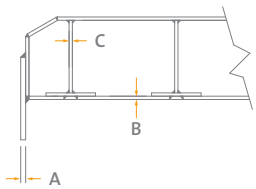


© FenderTeam AG 2014

PANELES DE LA(S) DEFENSA(S)

GROSOR ACERO

PIANC 2002 recomienda un grosor mínimo del acero para la construcción del panel. Algunas secciones a veces serán mas gruesas que el mínimo requerido para sistemas de uso pesados y extremos.



A	Expuesto ambos lados	≥12mm (1/2")
B	Expuesto un lado	≥9mm (3/8")
C	Interno (no expuesto)	≥8mm (5/16")

GRADOS DEL ACERO

Los paneles de las defensas están fabricados de aceros estructurales soldables. El grado utilizado depende de las condiciones locales y de la disponibilidad. Se enumeran abajo algunos grados de acero típicos.

GRADOS EUROPEOS COMUNES

EN10025	Rendimiento N/mm²	Tensión N/mm²	Temp °C
S235JR	235	360	N/A
S275JR	275	420	N/A
S355J2	355	510	-20
S355J0	355	510	0

GRADOS AMERICANOS COMUNES

ASTM	Rendimiento N/mm²	Tensión N/mm²	Temp °C
A36	250	400	*
A572-42	290	414	*
A572-50	345	448	*

*Los grados de acero ASTM para aplicaciones en temperaturas bajas deberían especificar el valor Charpy requerido y la prueba de temperatura

PESOS DEL PANEL DE LA DEFENSA

Cada diseño de defensa es diferente, pero esta tabla puede ser utilizada como una regla básica para cálculos iniciales de otros componentes como las cadenas.

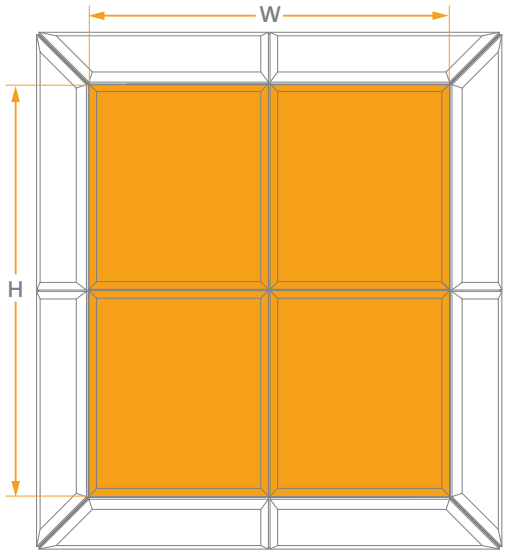
Paneles de uso estándar	**200–300kg/m²**
Paneles de uso pesado	**300–400kg/m²**
Paneles de uso extremo	**Over 400kg/m²**

PRESIONES DEL CASCO

Muchos barcos pueden resistir presiones limitadas en su casco, por lo que es importante determinar la presión de contacto probable de la defensa de acuerdo con el francobordo del barco y las mareas para garantizar que los límites permisibles no se excedan.

En ausencia de mas información específica , las indicaciones de PIANC mostradas abajo son los mas comúnmente usadas.

Clase	Tamaño	Presión kN/m² (kPa)
Petroleros	Handysize	≤ 300
	Handymax	≤ 300
	Panamax o mas grande	≤ 350
Cargueros a granel	Todos los tamaños	≤ 200
Contenedores	Alimentador	≤ 400
	Panamax	≤ 300
	Post-Panamax	≤ 250
	ULVC	≤ 200
Carga General	≤ 20,000dwt	400–700
	>20,000 dwt	≤ 400
RoRo y Ferris	No aplicable - usualmente de cinturón	



$$\overline{HP} = \frac{\Sigma R_F}{W \cdot H} = \frac{\Sigma R_F}{A}$$

$\overline{HP}$ = promedio de la presión del casco (kN/m² or kPa)

ΣR_F = reacción total de la defensa (kN)

W = ancho del panel plano (m)

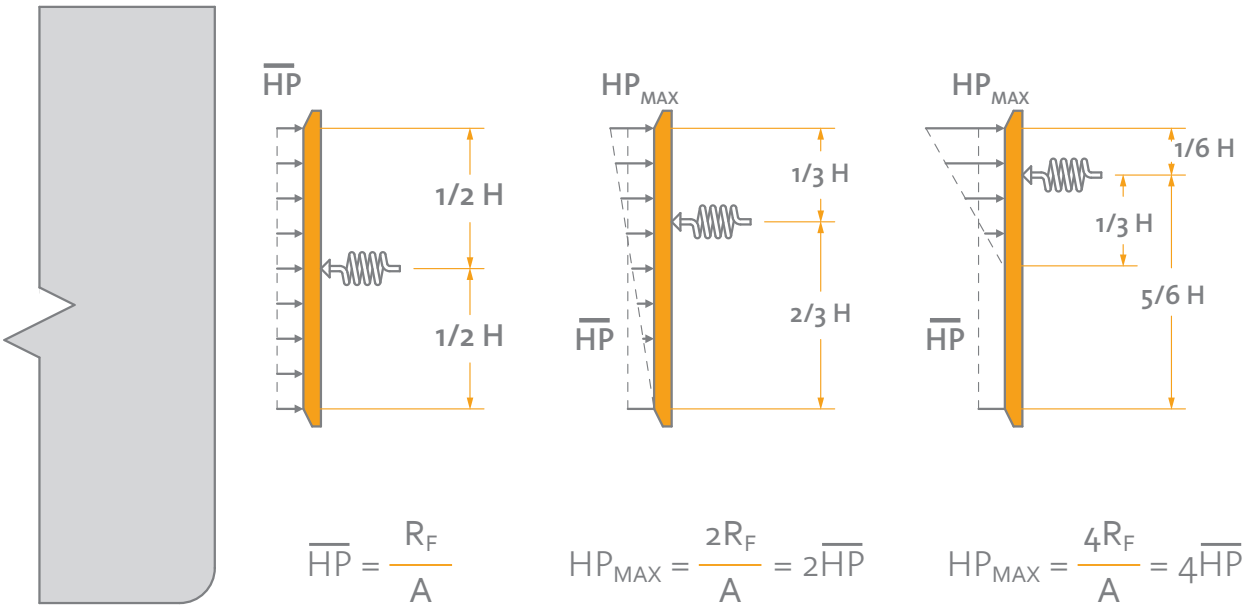
H = altura del panel plano (m)

A = área de contacto del panel plano (m²)

© FenderTeam AG 2014

DISTRIBUCIÓN DE PRESIÓN

La presión del casco se distribuye de forma uniforme si la reacción de la defensa en el panel es simétrica. Cuando la reacción de la defensa se sale del centro, la presión máxima del caso es mayor, aunque la presión promedio del casco permanece igual. Los ejemplos de abajo muestran casos de diseños típicos. Es común utilizar un arreglo de defensa para que la presión máxima del casco no sea mayor que el doble del promedio de la presión del casco.



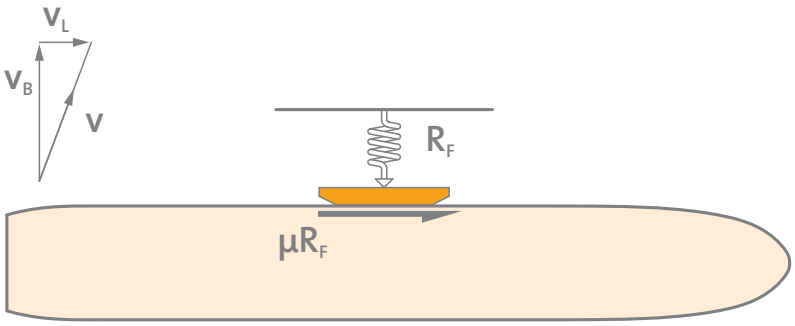
$$\overline{HP} = \frac{R_F}{A} \qquad HP_{MAX} = \frac{2R_F}{A} = 2\overline{HP} \qquad HP_{MAX} = \frac{4R_F}{A} = 4\overline{HP}$$

PLACAS DE BAJA FRICCIÓN

Las Placas de Polietileno de peso molecular alto (UHMW-PE) son placas reemplazables ajustadas a los paneles de las defensas. Poseen una buena resistencia al desgaste y presentan una superficie de baja fricción que ayuda a prevenir el daño en el casco del barco y el trabajo de pintura. También reducen las fuerzas de cizallamiento en las cadenas de las defensas.

Grandes láminas de UHMW-PE son moldeadas por sinterización de gránulos de polímeros. Estos luego pueden ser aplanados, cortados a tamaño, perforados y biselados para crear paneles individuales. Estos se fijan al panel mediante pernos soldados, de fijaciones de bajo perfil.

El UHMW-PE se encuentra disponible en grados vírgenes y regenerados, en muchos colores y grosores para adecuarse a las aplicaciones estándar, de uso pesado o extremas.



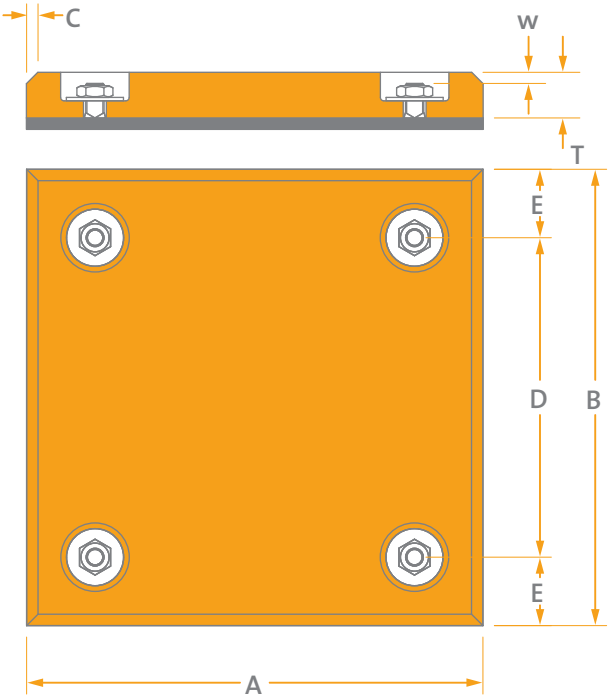
La fricción es importante para un buen diseño de la(s) defensa(s). Los barcos inevitablemente se moverán hacia la cara de la defensa, generando fuerzas que pueden alterar el desplazamiento geométrico de la defensa. Con una reducción de fricción y un apropiado diseño de cadena, estos efectos son minimizados

Materiales		Coeficiente de Fricción (μ)	
Material 'A'	**Material 'B'**	**Mínimo**	**Diseño***
UHMW-PE	Acero (húmedo)	0.1–0.15	≥0.2
UHMW-PE	Acero (seco)	0.15–0.2	≥0.2
HD-PE	Acero	0.2–0.25	≥0.3
Caucho	Acero	0.5–0.8	≥0.8
Madera	Acero	0.3–0.5	≥0.6

** Se recomienda un valor de diseño alto para tener en cuenta otros factores tales como la rugosidad, temperatura y presión de contacto de la superficie que pudiera afectar el coeficiente de fricción.*

© FenderTeam AG 2014

PLACAS DE BAJA FRICCIÓN



La selección de las placas y el método de fijación debería considerar factores incluyendo impactos, desgaste o abrasión causados por los cinturones, oleajes y frecuencia de uso. Si el acceso es difícil entonces una mayor tolerancia al desgaste de la placa puede ser útil para reducir los costos de mantenimiento y vida útil total.

Placa T (mm)	Peso (kg/m²)	Tamaño de fijación (M) STD	HD	EHD	Desgaste, W (mm) STD	HD	EHD
30*	28.5	M16	M16	N/A	6	3	N/A
40*	38.0	M16	M20	M20	13	7	2
50	47.5	M16	M20	M24	17	14	4
70	66.5	M20	M24	M24	27	23	14
100	95.0	M24	M30	M30	43	37	27

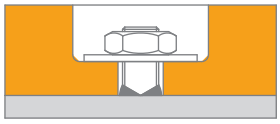
Otras dimensiones	STD	HD	EHD
Bisel de borde, C	5–10	5–10	5–10
Espacio perno, D	300–400	250–350	250–350
Distancia borde, E	50–70	50–70	60–80

STD = Uso estándar HD = Uso pesado EHD = Uso extra pesado
Placas de 30-40mm STD pueden utilizar media tuerca, todos los demás casos tuerca completa

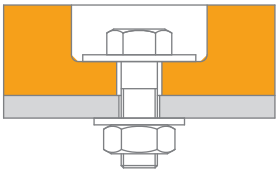
FIJACIONES DE PLACAS

Las caras de las placas UHMW-PE están adheridas de diferentes maneras de acuerdo con el tipo de panel. Se utilizan usualmente tapones o tuercas ciegas con pernos para paneles de caja cerrada. Las tuercas estándar se utilizan para paneles y estructuras abiertas. Las fijaciones de bajo perfil pueden proporcionar una tolerancia de desgaste mayor. Se requieren arandelas más grandes para diseminar las cargas y prevenir la recuperación (tamaño típico M16 x 42 diámetro). El grosor del polietileno bajo el cabezal de la arandela es usualmente de 25~35% del grosor de la placa.

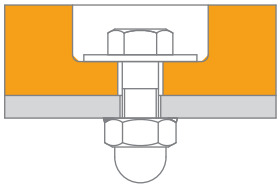
Fijación de tapón



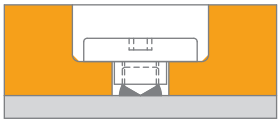
Fijación de perno



Perno con tuerca ciega



Fijación de bajo perfil

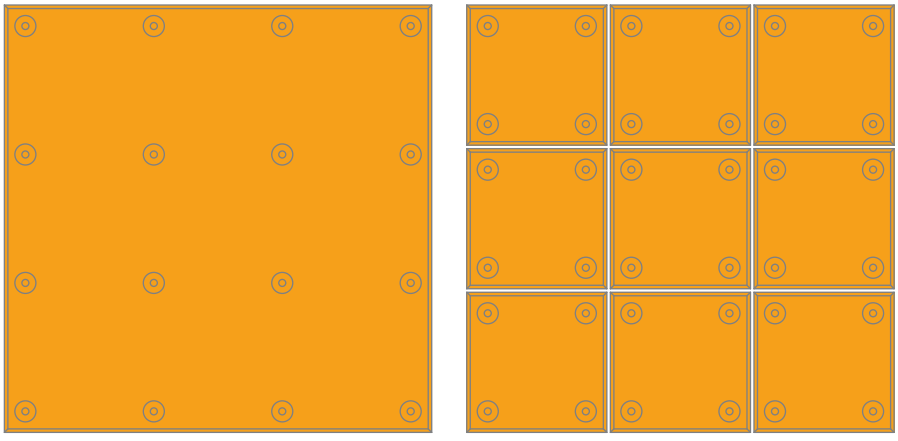


PLACAS DE COLORES

Se pueden fabricar placas UHMW-PE en muchos colores (bajo pedido especial) para adecuarse a los barcos navales o de crucero para una mayor visibilidad o una fácil diferenciación entre puertos. Los colores más comunes son el negro, blanco, gris, amarillo, azul y verde.

PLACAS PEQUEÑAS O GRANDES

Las placas más grandes tienen mayor número de fijaciones y de mayor duración. Las placas pequeñas son más ligeras, más fáciles de reemplazar y menos costosas. En algunos países el peso máximo de elevación (a menudo 25Kg) puede dictar el tamaño más grande de la placa.

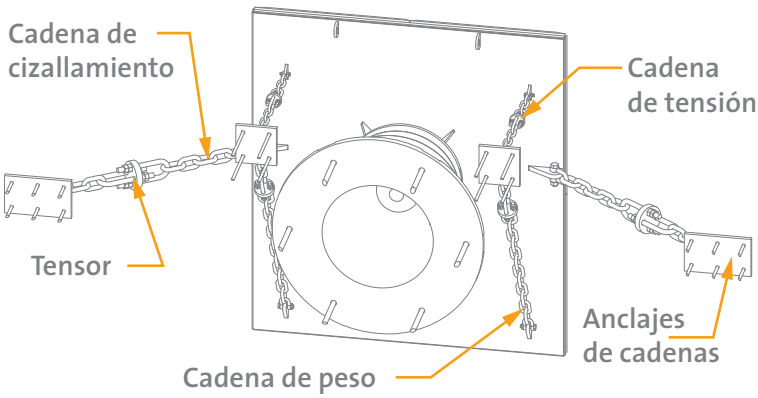


© FenderTeam AG 2014

DISEÑO DE CADENAS

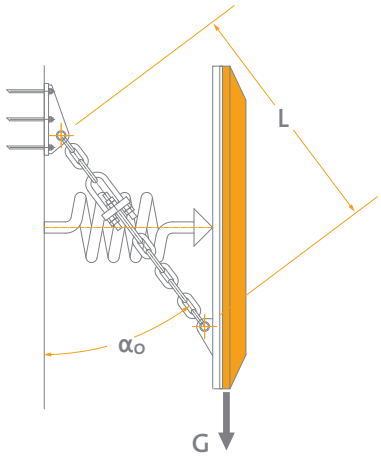
Las cadenas se utilizan para controlar la geometría de la defensa durante el impacto y para prevenir movimientos excesivos del panel. Pueden ayudar soportando el peso de los paneles largos, previniendo la caída o el aflojamiento, también para incrementar las flexiones del caucho y la absorción de energía en los casos de impactos bajos.

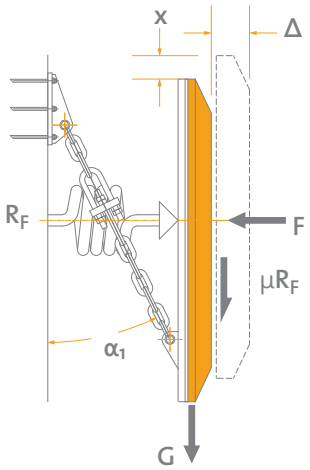
- Las cadenas de cizallamiento se utilizan para limitar los movimientos horizontales.
- Las cadenas de peso limitarán el movimiento vertical y reducirán la caída o aflojamiento.
- Las cadenas de tensión – trabajan en conjunto con las cadenas de peso para limitar la caída, también pueden mejorar el rendimiento durante impactos bajos.
- Los anclajes de las cadenas pueden estar anclados, atornillados, soldados o empotrados en la estructura.
- Los tensores limitan el aflojamiento en las cadenas provocadas por tolerancias o desgaste.



El largo (L) y el ángulo estático (α_0) son los factores mas importantes determinantes de la carga y tamaño de las cadenas.

T = Carga de trabajo por cadena (kN)
RF = Reacción del sistema de defensas (kN)
μ = Coeficiente de fricción
G = Peso del panel de defensas, placas PE etc. (kN)
L = Largo del "pin-a-pin" de cadena(s) (m)
Δ = Deformación de la defensa (m)
n = Número de cadenas que actúan en conjunto
α_0 = Ángulo estático de cadena(s), defensa sin desplazamiento (grados)
α_1 = Ángulo dinámico de cadena(s), defensa con desplazamiento (grados)
x = Movimiento del panel debido al arco de cadena (m)





$$\alpha_1 = \sin^{-1}\left[(L \cdot \sin \alpha_0) - \Delta \right]$$

$$x = L \cdot (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_0)$$

$$T = \frac{G + \mu \cdot R_F}{n \cdot \cos \alpha_1}$$

NOTAS DE DISEÑO G

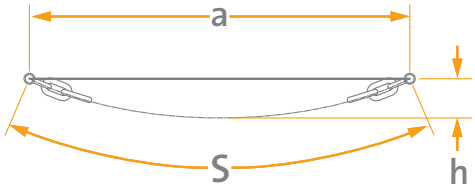
(1) Las cargas más altas de cadena(s) a veces ocurren cuando la unidad de defensa(s) alcanza la reacción más alta cerca de la mitad de la deformación tasada.
(2) Para cadenas de cizallamiento, G = 0
(3) FenderTeam recomienda un factor de seguridad (η) de 2 para la mayoría de las aplicaciones, pero se puede utilizar un factor más alto solicitado bajo pedido.
(4) Se debería solicitar un enlace débil fácil de reemplazar y poco costoso para que sea incluido en el montaje de la cadena para evitar daño de sobrecarga al panel o a la estructura de la defensa.

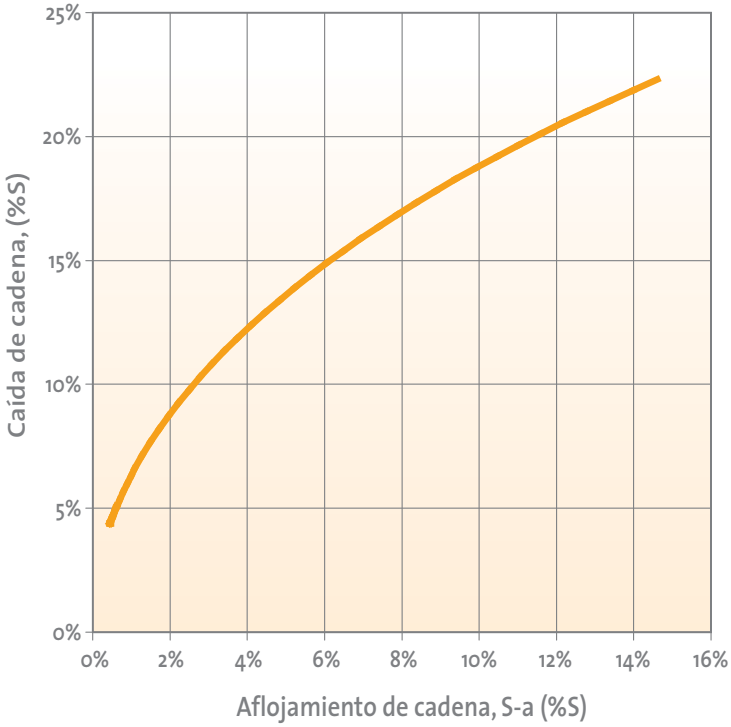
© FenderTeam AG 2014

CAIDA DE CADENA

A veces se especifica que las cadenas tienen "cero" caída, pero esto no es real ni necesario. Aun un pequeño aflojamiento (S-a) de cerca de 2% del largo (S) de la cadena puede causar que la cadena se "caiga" en el centro (h) casi cerca del 9% del largo de la cadena.

Por ejemplo, con 2000 mm de largo de cadena y 40 mm de aflojamiento se producirá una caída en el centro de más de 170 mm. La misma cadena con solamente 7 mm de aflojamiento caerá casi 50 mm.

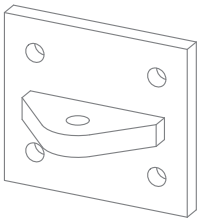
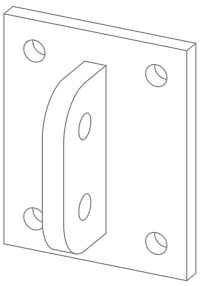
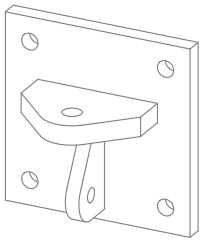
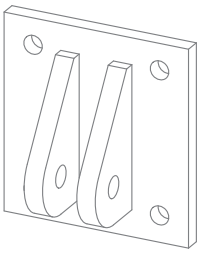
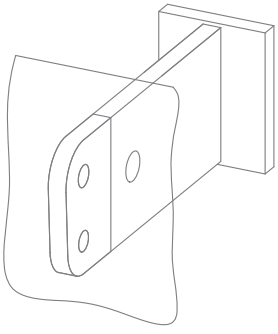
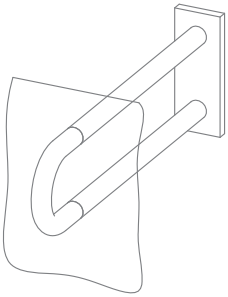




DISEÑO DE LOS ANCLAJES

Los anclajes para las cadenas pueden ser diseñados para adecuarse a estructuras de acero o concreto nuevas o existentes. El anclaje debería ser considerablemente más fuerte que el componente más débil del conjunto de la cadena. El diseño debe permitir la rotación libre de la cadena a través de su arco completo y no debería interferir con otros soportes, el panel de la defensa o el cuerpo del panel de caucho durante la compresión. El birlo principal debería ser lo suficientemente grueso o incluir placas espaciadoras como para soportar suficientemente el tamaño y tipo correcto de grillete.

La soldadura que sostiene el birlo al soporte de la placa base es crítico y deberá ser referido a los ingenieros de FenderTeam en el detalle del diseño. También se deberá determinar el tamaño, grado y posiciones de los anclajes o pernos de seguridad en la fase de detalle del diseño.

SENCILLO	DOBLE	DOS PLANOS
		
DOBLES ASAS	**DOBLE EMPOTRADO**	**ANCLAJE EN U EMPOTRADO**
		

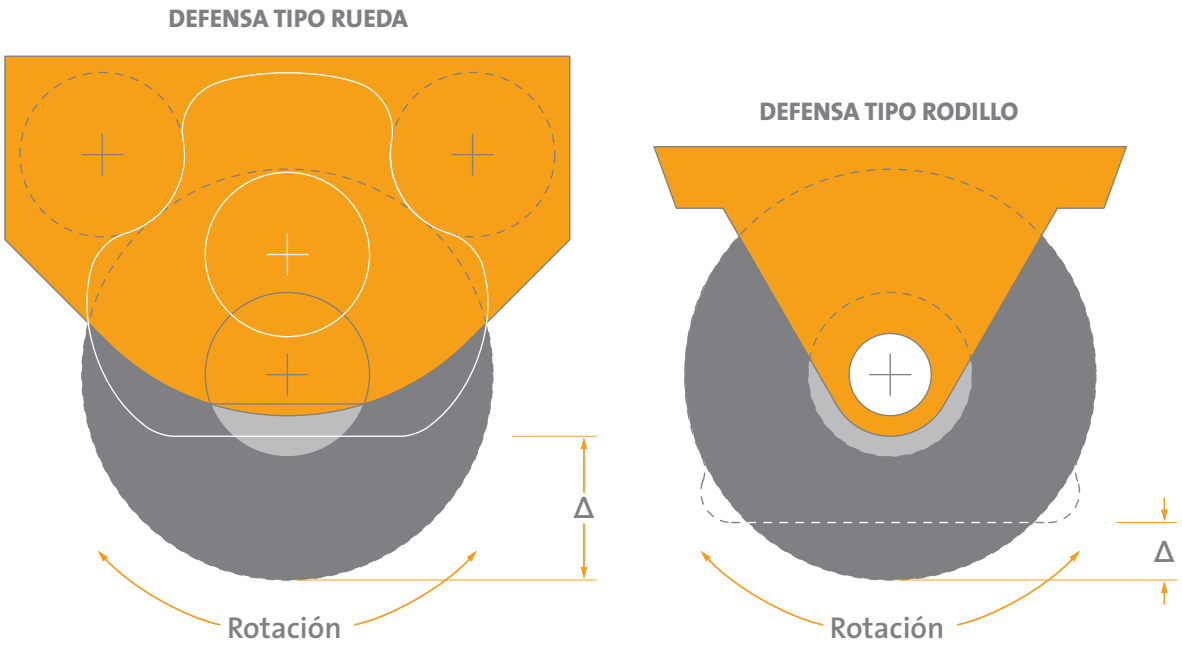
Por favor remitirse a FenderTeam para consejo sobre el tipo, tamaño, material y acabado de anclajes necesarios.

© FenderTeam AG 2014

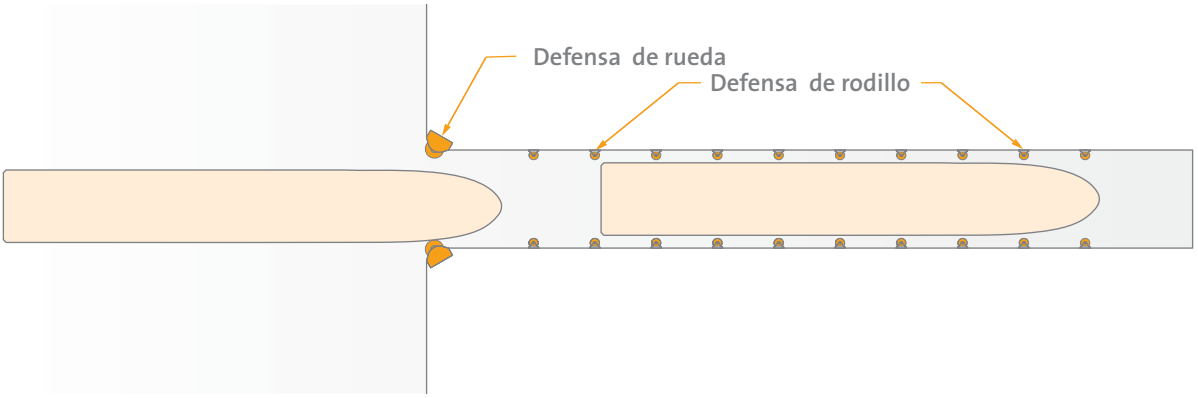
RUEDAS Y RODILLOS

La defensas de ruedas tienen un eje de rotación y rodillos que permiten el desplazamiento e incrementan la energía, por lo que son adecuadas para entradas a esclusas y esquinas vulnerables del puerto.

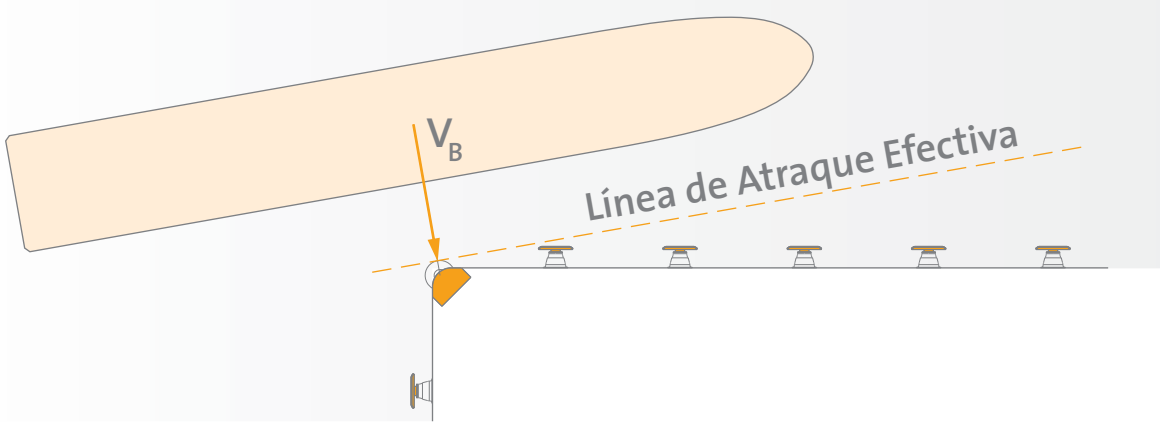
Las defensas de rodillos tienen un eje fijo para conseguir que la resistencia a la rotación sea casi cero, adecuado para guiar a los barcos dentro de esclusas y diques secos.



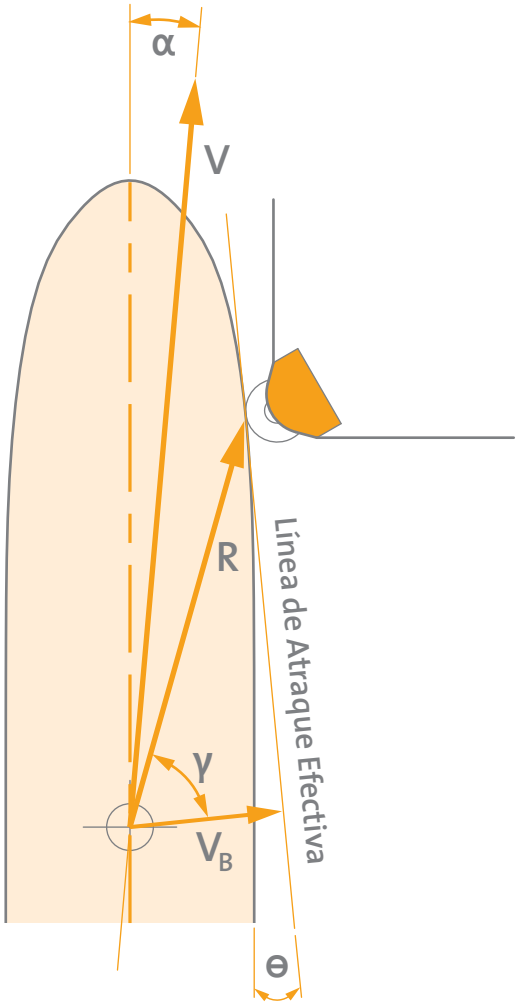
Durante la aproximación a una esclusa o dique seco el barco se encuentra casi paralelo a la pared de la esclusa, pero pudiera estar más cerca en un lado. La proa hace contacto con la defensa de rueda que desvía el barco. Mientras el barco continua su entrada, las defensas de rodillo actúan como una guía para proteger el casco y la pared de la esclusa.



Algunos puertos convencionales poseen esquinas expuestas que necesitan protección de una defensa de rueda. Aunque el barco puede estar en un ángulo mayor que las defensas principales, la línea de atraque efectiva en una defensa de rueda permanece a o°. En muchos casos se deberá considerar el impacto de la parte central del barco.



© FenderTeam AG 2014



CASOS DE IMPACTO ESPECIAL

Si el barco se está moviendo hacia la esclusa o dique seco entonces puede producirse un impacto con la defensa de rueda en la sección de proa. La línea efectiva de atraque es la tangente hacia la proa.

Para los cálculos de energía, se requiere el componente de velocidad perpendicular a la linea de atraque:

$V_B = V \cdot \text{seno}\,\Theta$

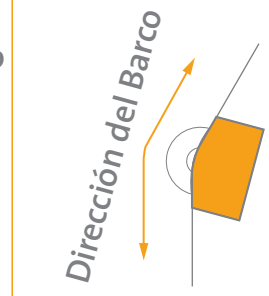
α = ángulo de deriva del barco (curso real)

Tales maniobras son difíciles y la velocidad del barco es muy baja. Los valores típicos de diseño son:

$V \leq 1 m/s$
$\alpha \leq 10°$
$\Theta \leq 5°$
$V_B < 1.0 \cdot \text{seno}\,(5° + 10°) = 0.26 m/s$

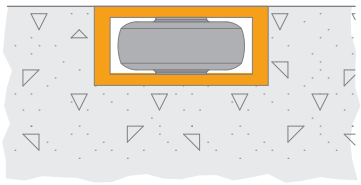
El ángulo de la línea efectiva de atraque es mayor para impactos más cercanos a la proa, pero la distancia del centro de la masa al punto de impacto (R) también se incrementa. El valor del Factor de Excentricidad (C_E) necesita ser cuidadosamente considerado. Remitirse a FenderTeam para su consejo.

Para un mejor rendimiento, las defensas de rueda deberían estar orientadas al ángulo esperado del barco.

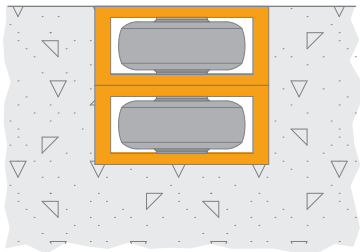
			
45° a cada atracadero	0–30° la línea de atraque	Compensadas equitativamente por cada atracadero	Paralela a la dirección del barco

Usualmente las defensas de ruedas sencillas son utilizadas cuando hay una pequeña variación en el nivel de agua. Las defensas de ruedas múltiples o "apiladas" son utilizadas para mareas altas o cambios de nivel del agua importantes.

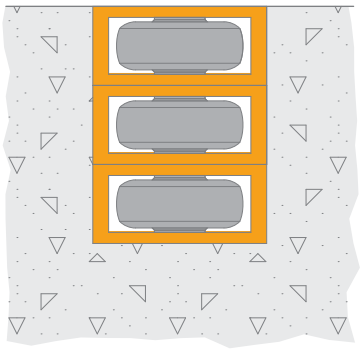
RUEDA SENCILLA



RUEDA DOBLE



RUEDA TRIPLE



© FenderTeam AG 2014

DISEÑO DE DEFENSA DE ESPUMA

Las defensas de espuma vienen en diversas configuraciones. OceanGuard y OceanCushion pueden ser usadas flotando o suspendidas desde el embarcadero. Las defensas de donas son soportadas por pilotes, elevándose y descendiendo con la marea. Las defensas de espuma tienen un gran número de características únicas que deben considerarse durante el diseño. Estas incluyen la temperatura ambiental, ángulo de compresión y el número de ciclos.

GRADOS Y CICLOS DE LA ESPUMA

El centro de la espuma es una celda cerrada de polietileno entrecruzado que incluye muchos millones de pequeñas bolsas de aire. Grados de espuma más ligeros tienen bolsas de aire más grandes y una menor densidad. Grados de espuma más duros tienen bolsas de aire más pequeñas y una mayor densidad

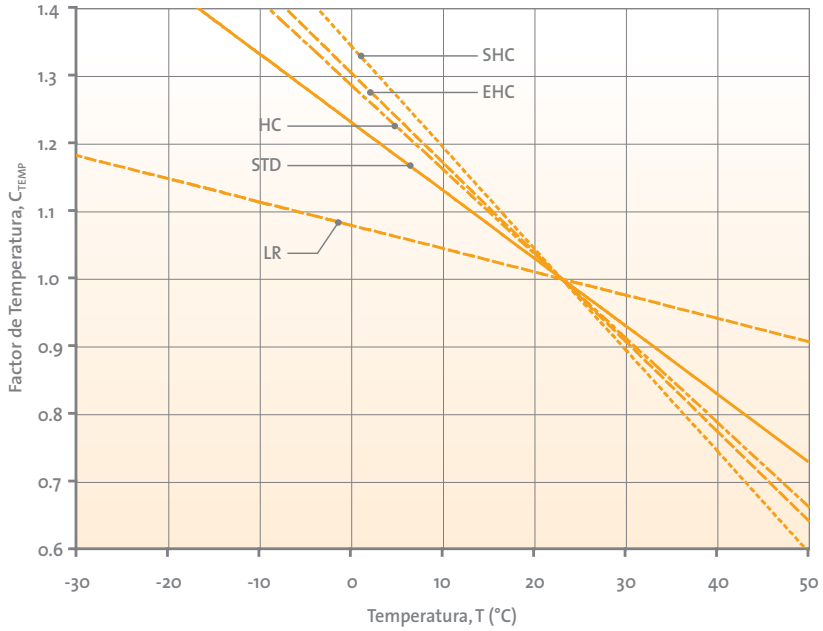
Después de múltiples compresiones la dureza de la espuma se reduce debido a la relajación de tensiones. El dato de rendimiento de las defensas de espuma se considera después del tercer ciclo de compresión.

GRADO DE LA ESPUMA		NÚMERO DE CICLOS DE COMPRESIÓN (n)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	100
Reacción Baja	LR	1.30	1.07	**1.00**	0.97	0.95	0.94	0.93	0.92	0.92	0.91	0.88
Estándar	**STD**	**1.31**	**1.07**	**1.00**	**0.97**	**0.95**	**0.94**	**0.93**	**0.92**	**0.92**	**0.91**	**0.88**
Capacidad Alta	HC	1.40	1.09	**1.00**	0.96	0.94	0.92	0.91	0.90	0.89	0.89	0.85
Capacidad Extra Alta	EHC	1.45	1.10	**1.00**	0.95	0.93	0.91	0.90	0.89	0.88	0.88	0.83
Capacidad Super Alta	SHC	1.54	1.11	**1.00**	0.95	0.92	0.90	0.88	0.87	0.87	0.86	0.81

FACTOR DE TEMPERATURA

Elevadas temperaturas reducen la rigidez de la espuma. Las bajas temperaturas hacen que la espuma se endurezca. Se recomienda utilizar el grado de espuma STD o LR para climas muy fríos o muy calientes porque se ven menos afectados por las variaciones de temperatura.

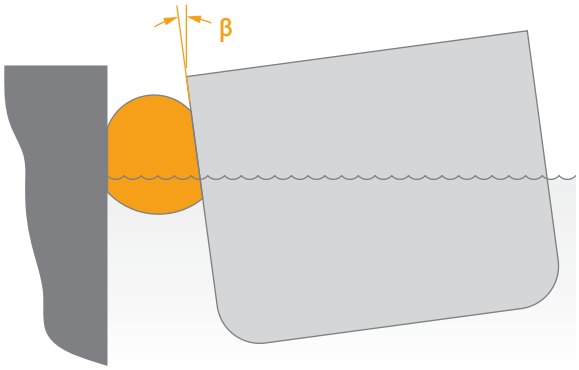
La temperatura en el centro de la defensa cambiará más lentamente que en la superficie ya que la espuma es un aislante. Esto reducirá los efectos de las temperaturas extremas en defensas de espuma grandes.

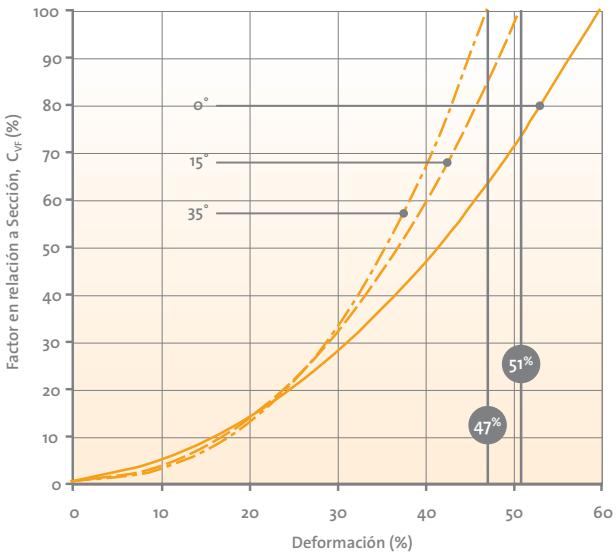


© FenderTeam AG 2014

COMPRESIÓN VERTICAL

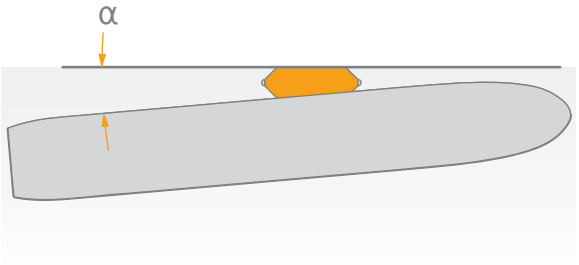
Una compresión vertical puede darse debido al ángulo de abanico de la proa del barco o debido al movimiento del barco.

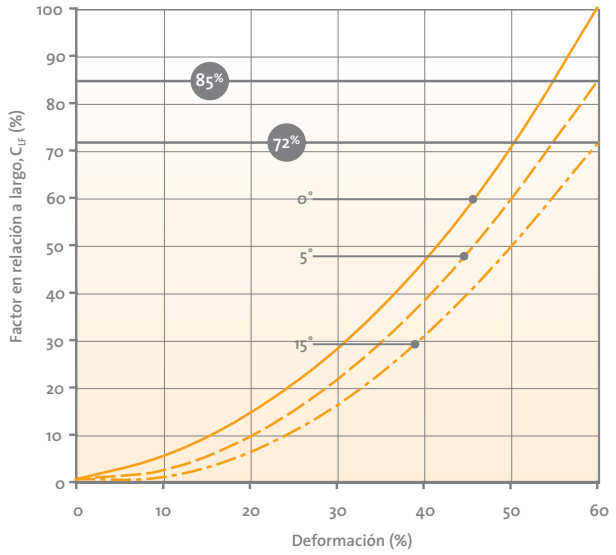




COMPRESIÓN LONGITUDINAL

Un ángulo de compresión longitudinal puede ocurrir debido al ángulo de atraque o debido a la curvatura de la proa.





EJEMPLO DE CÁLCULO

Usando un OceanGuard 1500x3000(HC) después de 10 ciclos de compresión con un rango de temperaturas entre +10°C y +30°C, con un ángulo vertical máximo de 15° y un ángulo longitudinal de 5°.	
Energía tasada a 23°C y ángulos de compresión en 0°, rendimiento del 3er ciclo:	302kNm
Energía tasada a 23°C y ángulos de compresión en 0°, rendimiento del 3er ciclo:	751kN
Tolerancia de fabricación (±15%): 0.85 min / 1.15 máx.	0.85 min / 1.15 max
Factor para 10 ciclos, Cn=10:	0.89
Factor para +10°C, CTEMP=10 (de la curva de temperatura):	1.16
Factor para +30°C, CTEMP=30 (de la curva de temperatura):	0.91
Factor para ángulo vertical de 15° (Δ = 51%)*:	1.00
Factor para ángulo longitudinal de 5° (Δ = 51%):	0.62
Factor para compresión parcial de 5° (Δ = 51%):	0.70
Energía mínima, EMIN = 302 x 0.85 x 0.89 x 0.91 x 1.0 x 0.62 x 0.70 =	90kNm
Reacción máxima, RMAX = 751 x 1.15 x 0.89 x 1.16 x 1.0 x 1.0 x 0.70 =	624kN

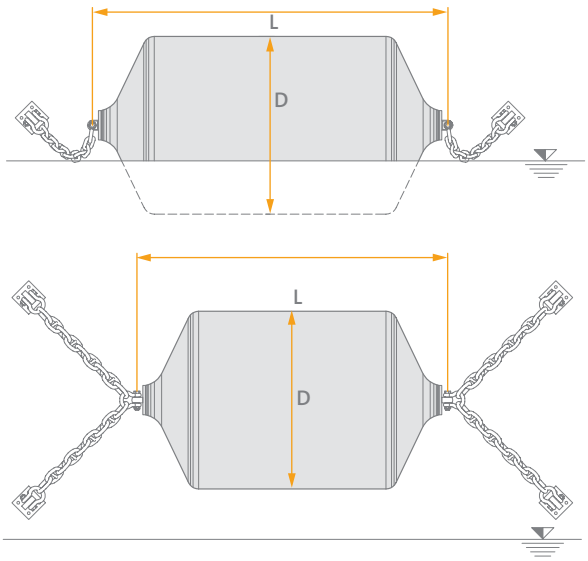
** Tomar nota que la deformación está restringida bajo compresión vertical. Esto se aplica solamente a la energía ya que la reacción más alta ocurre a un ángulo de compresión a 0°. Se deberán también considerar las cargas estructurales durante los primeros ciclos de compresión cuando las reacciones son mayores.*

© FenderTeam AG 2014

INSTALACIÓN DE DEFENSA DE ESPUMA

Las defensas de espuma pueden flotar con la marea o estar aseguradas por encima del nivel del agua. La selección del método de anclaje depende de diversos factores:

- Rango de mareas en el sitio
- Probables ángulos de compresión
- Movimiento longitudinal o vertical de atraque y barcos amarrados
- Área de "huella" disponible en la estructura
- Abrasividad de la cara de la estructura
- Horizontalidad de la cara de la estructura (es decir, tablestacas)
- Altura significativa de las olas en relación con el tamaño de la defensa
- Accesibilidad para su mantenimiento

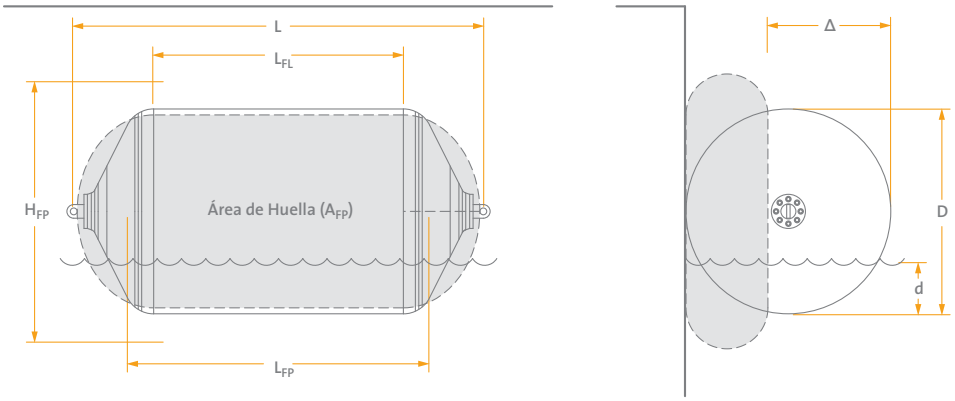


HUELLA DE LA DEFENSA

La altura y ancho de la estructura tiene que ser suficiente para permitir que la defensa OceanGuard se expanda libremente cuando se comprime el cuerpo. Las dimensiones totales del área de instalación deberían permitir la subida y caída de la defensa, además de cualquier movimiento provocado por la caída de las cadenas.

CALADO DEL AGUA

El calado del agua de OceanDraft varía de acuerdo a la densidad de la espuma utilizada, el grosor del material, el tamaño y largo de las cadenas y cualquier otro material que pudiera reducir o incrementar el peso de la defensa. La tabla propone valores típicos para los grados LR, STD y HC. Solicite información a Fender Team sobre otros casos de diseño.



DIÁMETRO x LARGO	SUPERFICIE	APLANADO	HUELLA			PESO	POTENCIA DE VIENTO	CALADO DE AGUA		
		LARGO	ALTURA	LARGO	ÁREA	STD	SWL	LR	STD	HC
m	mm	mm	mm	mm	mm	kg	kN	m	m	m
700 x 1500	19	880	660	1460	0.87	109	42	210	250	290
1000 x 1500	19	700	940	1460	1.19	147	42	250	310	370
1000 x 2000	19	1190	940	1950	1.66	200	42	200	270	330
1200 x 2000	19	980	1130	1940	1.93	299	76	310	380	450
1350 x 2500	25	1400	1270	2440	2.77	426	76	270	360	440
1500 x 3000	25	1830	1410	2950	3.77	653	107	280	380	470
1700 x 3000	25	1710	1600	2930	4.18	748	107	310	420	520
2000 x 3500	25	2070	1880	3430	5.78	1161	151	330	470	590
2000 x 4000	29	2560	1880	3920	6.70	1397	151	320	460	580
2000 x 4500	29	3050	1880	4430	7.66	1571	222	300	440	560
2500 x 4000	32	2230	2360	3910	8.14	1925	311	400	580	730
2500 x 5500	38	3660	2360	5400	11.64	3095	311	390	570	720
3000 x 4900	38	2770	2830	4790	12.00	3295	311	460	670	850
3000 x 6000	38	3900	2830	5900	15.15	4370	489	430	640	830
3300 x 4500	38	2230	3110	4390	11.82	3531	489	560	790	990
3300 x 6500	41	4240	3110	6380	18.02	5485	489	440	680	890

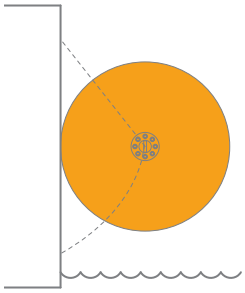
© FenderTeam AG 2014

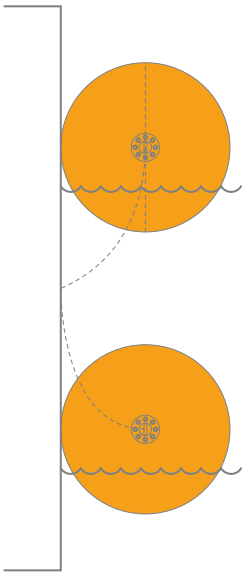
INSTALACIÓN DE DEFENSA DE ESPUMA

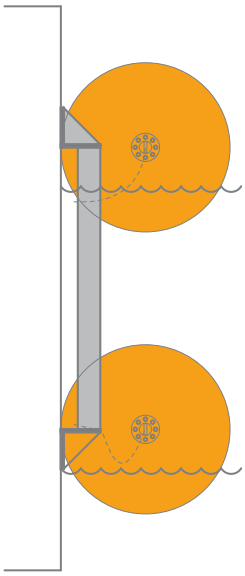
Anclaje Suspendido
Cuando se encuentra suspendido por completo por encima del agua, la altura del muelle debe ser mayor que la huella de la defensa más cualquier movimiento permitido por las cadenas. Una cadena elevada se ajusta para evitar que la defensa se eleve o se enrolle sobre el muelle ante cambios de marea o calado del barco.

Anclaje Flotante Sencillo
Un anclaje flotante sencillo necesita cadenas que sean lo suficiente-mente largas como para trabajar en las mareas más altas o más bajas y que permitan un poco de caída en sus cadenas para prevenir cargas ""abruptas"" en las cadenas y en las fijaciones de extremo de la defensa. Se debe considerar el movimiento lateral a media marea en el diseño.

Riel de Guía Flotante
Un Riel de guía se utiliza como un anclaje más robusto para areas de mareas altas.
La cadena se conecta al aro o rodillo de anclaje alrededor del riel.
Este arreglo mantiene las cargas de las cadenas uniformes, limita el movimiento lateral y es la mejor solución para áreas de marea.



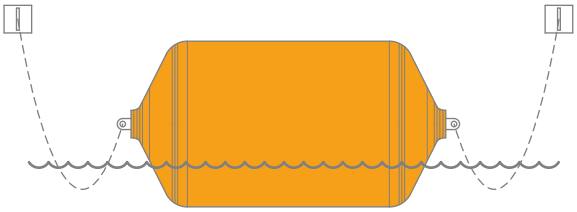




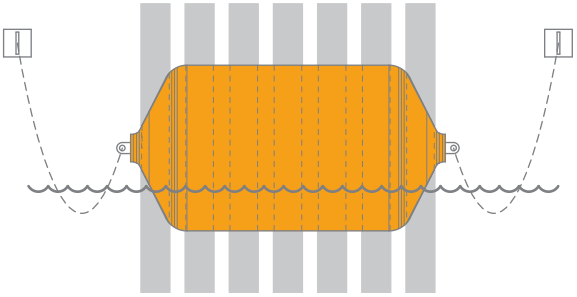
REDUCCIÓN DE ABRASIÓN

La abrasión de la superficie puede ocurrir si la defensa OceanGuard se monta directamente contra el muelle de concreto o en una superficie áspera. El grado de desgaste puede ser mayor si hay olas o corrientes que pueden causar que la defensa se mueva continuamente. Se puede reducir o eliminar el desgaste ajustando una serie de bandas de UHMW-PE en el área de reacción. También se pueden utilizar otros materiales como madera pero requieren de mantenimiento extra.

El montaje directo al concreto promueve el desgaste.

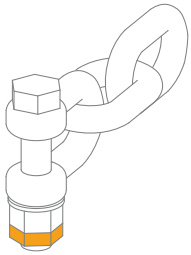


Las bandas de UHMW-PE prolongarán la vida útil de servicio

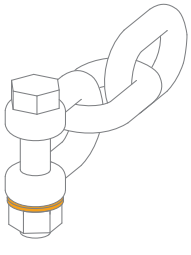


Las defensas flotantes se moverán continuamente debido al viento, olas, mareas y corrientes. Con el tiempo los grilletes pueden soltarse por vibración (aún con el pin de anclaje). Se recomiendan inspecciones frecuentes de anclajes. Para reducir el riesgo de que las defensas se suelten, los grilletes deberán utilizar una tuerca de cierre o la tuerca debe estar soldada en punta al cuerpo del grillete.

Grillete con tuerca de cierre



Grillete con punta soldada



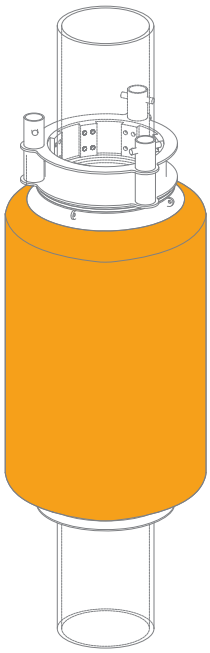
© FenderTeam AG 2014

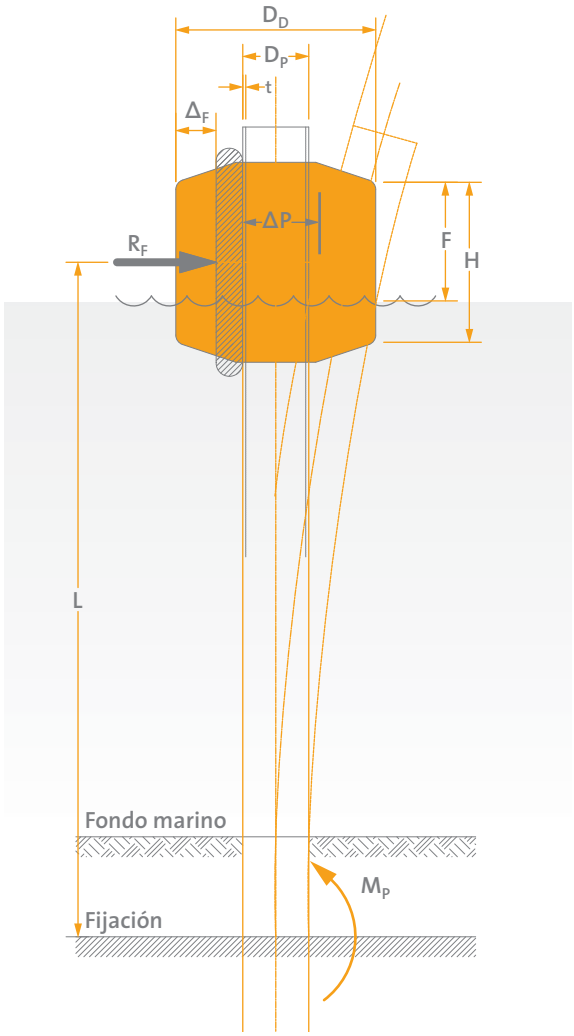
DEFENSA DE DONA

Las defensas de dona absorben la energía comprimiendo el anillo de espuma y, en muchos casos, por desplazamiento elástico del pilote. Comúnmente se utilizan en zonas de marea alta, para proporcionar paredes de entrenamiento para las esclusas y proteger las esquinas vulnerables del muelle.

Las donas flotan hacia arriba y hacia abajo con la marea, por lo que los diseños deben considerar los diversos casos para alcanzar el rendimiento deseado en todo momento. Cada una de las variables enumeradas abajo afectará al rendimiento de la defensa:

- Densidad de la espuma (grado)
- Diámetros internos y externos de la dona
- Altura de la dona
- Rango de mareas
- Diámetro del pilote y grosor de pared
- Largo libre de pilote desde su fijación
- Pérdida de grosor del pilote a lo largo del tiempo debido a corrosión





FRANCOBORDO

El francobordo (en milímetros) puede ser estimado por el tamaño común de las defensas de donas (ver Catalogo de productos, página 59) y el grado de espuma STD:

$H = 0.75 \cdot D_D \longrightarrow F = 0.963 \cdot H - 720$

$H = 1.00 \cdot D_D \longrightarrow F = 0.946 \cdot H - 810$

$H = 1.25 \cdot D_D \longrightarrow F = 0.938 \cdot H - 910$

$H = 1.50 \cdot D_D \longrightarrow F = 0.929 \cdot H - 990$

Para otros tamaños y grados de espuma, pregunte a FenderTeam

DESPLAZAMIENTOS DE LOS PILOTES

Como la pared de la defensa de dona se comprime, la fuerza de reacción (R_F) desplazará el pilote. Asumiéndose un extremo embebido en la fijación se pueden estimar el desplazamiento, dureza y energía del pilote:

Momento del pilote: $M_P = R_F \cdot L$

2do Momento del Área: $I_{xx} = [D_P^4 - (D_P - 2t)^4]$

Módulo de Young: $E = 200 \times 10^9$ N/mm²

Desplazamiento de Pilote: $\Delta_p = \dfrac{R_F \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I_{xx}}$

Esfuerzo del Pilote: $\sigma = \dfrac{M_R}{Z_{xx}}$

Esfuerzo Máximo del Pilote: $\sigma = \leq 0.8\ \sigma_y$ (A BS6349: Parte 4)

Energía del Pilote: $E_p = 0.5 \cdot R_F \cdot \Delta_p$

ENERGÍA DEL PILOTE Y DONA

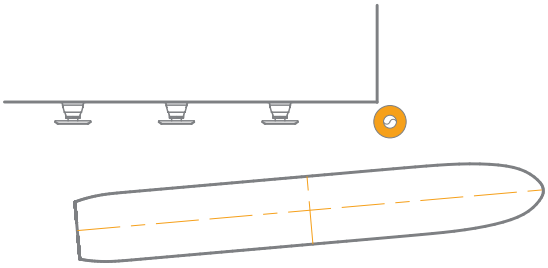
La energía total absorbida por el pilote y la dona se estiman como sigue:

Energía Total: $\Sigma E = E_F \cdot E_P$

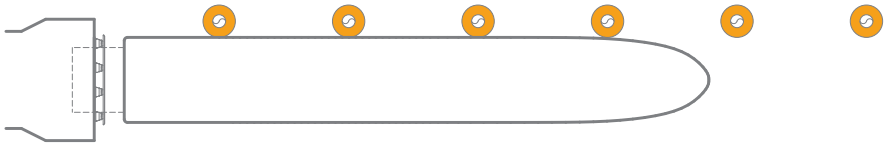
© FenderTeam AG 2014

APLICACIONES DE DONAS

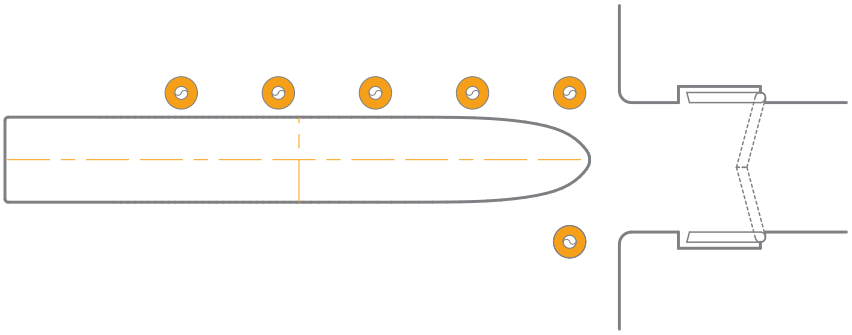
Las defensas de donas normalmente protegen las esquinas o ayudan a guiar los barcos en las dársenas y en las esclusas.



Las defensas de dona sencillas o múltiples son comúnmente utilizadas para proteger las esquinas desnudas del muelle.



En donde los barcos se muevan hacia adelante o hacia popa contra las defensas, una defensa de dona reducirá las fuerzas de fricción y cizallamiento. Las defensas de donas son una solución económica para los muelles RoRo.



Los barcos que se aproximan a esclusas y diques secos necesitan "entrenamiento" para alinearse. Las Defensas de dona ayudan a guiar a los barcos en entradas muy angostas.

Defensas de donas en muelles de submarino

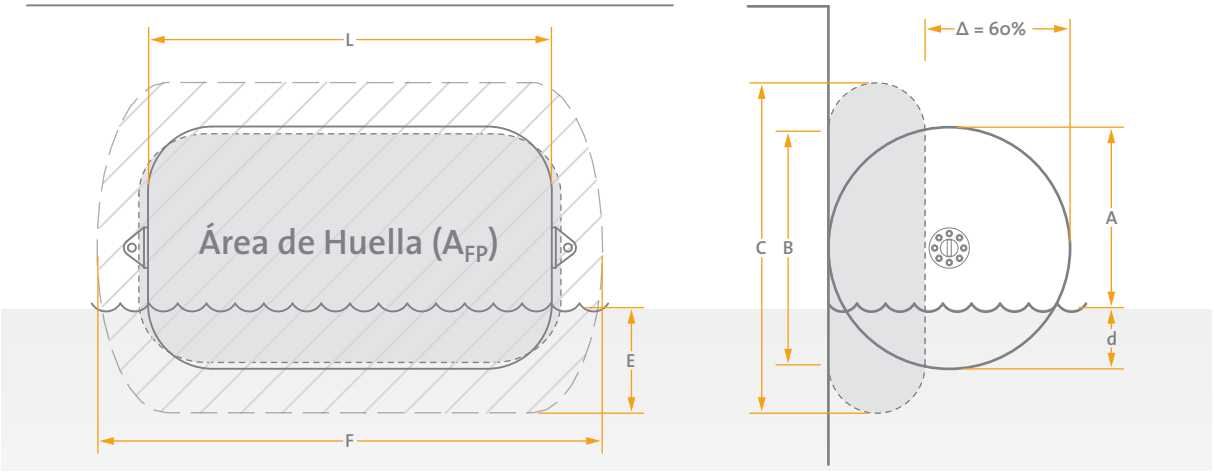
Donas en esquina de muelle

© FenderTeam AG 2014

INSTALACIÓN DE DEFENSA NEUMÁTICA

Se les permite normalmente a las defensas neumáticas flotar, subir y bajar con la marea. Es importante dejar un área suficiente en el poste de amarre o cubierta para que la defensa neumática se comprima apropiadamente sin riesgo de que se sitúe sobre la cubierta o se desplace a un lado de la estructura.

También es importante utilizar el tamaño, longitud y grado de cadena con los correspondientes grilletes y eslabones. Los grilletes deberán estar cerrados o soldados en punta para evitar que se aflojen. Es posible colgar algunas defensas neumáticas de la pared del muelle, pero no todos los tipos y tamaños son adecuados para esto y las defensas requerirán de un refuerzo especial en la parte final. FenderTeam puede asesorarle en todas las aplicaciones.



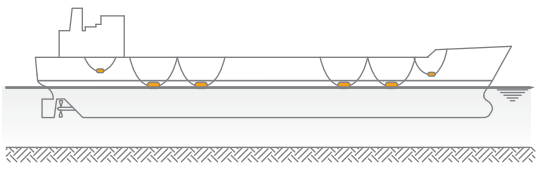
TAMAÑO (D X L)	A	B	C	D	E	F	CADENA (mm)
ϕ1000 x 1500L	975	950	1350	200	375	1900	16
ϕ1200 x 2000L	1200	1140	1620	220	430	2480	18
ϕ1500 x 2500L	1525	1420	2050	250	525	3130	22
ϕ2000 x 3500L	2050	1900	2700	300	650	4300	28
ϕ2500 x 4000L	2490	2380	3380	450	890	5000	32
ϕ3300 x 6500L	3380	3140	4460	500	1080	7820	44
ϕ4500 x 9000L	4710	4270	6180	800	1470	10900	50

Las dimensiones indicadas son para las cadenas y llantas tipo red, 50kPa de presión inicial. Para todos los demás casos solicite asesoría de FenderTeam.

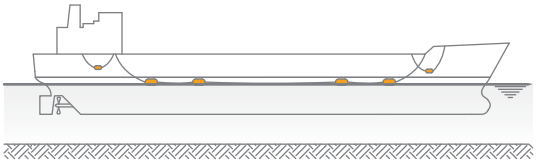
ATRAQUE BARCO-A-BARCO

El atraque barco a barco requiere una planificación especial para cada caso. Se debe prestar especial consideración a la energía de impacto y a los ángulos de aproximación así como a los movimientos relacionados con el barco, especialmente a cualquier rodamiento que pudiera causar que los cascos se acerquen demasiado. Se debe seleccionar el tamaño de la defensa para mantener una distancia de separación segura, pero no excesivamente grande como para que pudiera hacer que la defensa se situara sobre la cubierta de embarcaciones más pequeñas con francobordo pequeño.

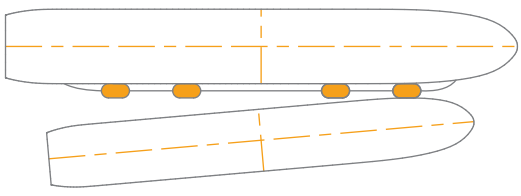
Defensas amarradas individualmente



Defensas conectadas juntas de forma “escalonada”



Los tamaños de barcos y la disposición de las defensas deben ser pre-planificadas con cuidado para el atraque barco-a-barco.

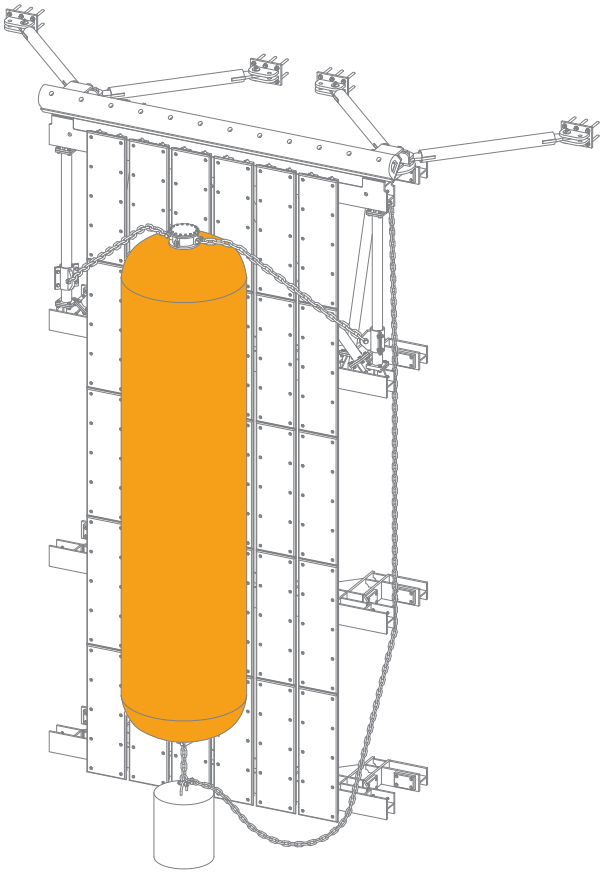


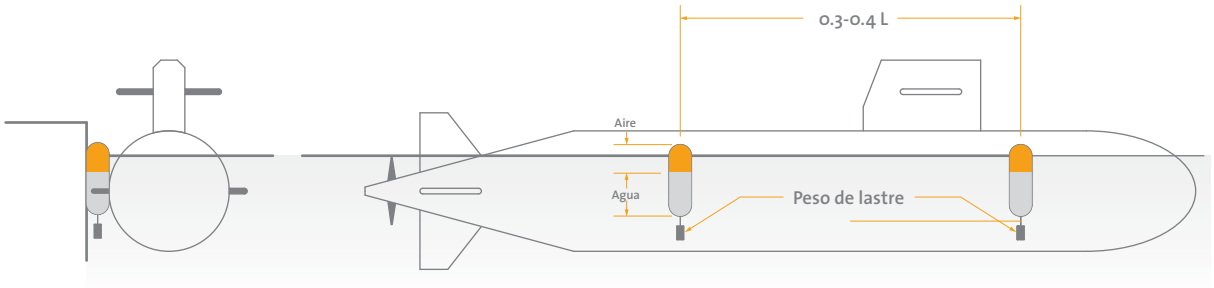
© FenderTeam AG 2014

DEFENSAS HIDRONEUMÁTICAS

Hay diversos tipos de barcos en la que la mayoría de cascos se encuentran debajo del nivel del agua, incluyendo submarinos y plataformas de combustible semi-sumergidas. Los submarinos, en particular, tienen cascos muy sensibles con azulejos de caucho acústicos y que requieren una defensa suave y cómoda.

Las defensas hidroneumáticas están parcialmente llenas de agua y utilizan un peso de lastre para permanecer verticales. Se necesita un armazón posterior o una construcción de muelle plano para soportar la defensa, así como líneas de amarre para prevenir que se vayan a la deriva de su posición.





El rendimiento de las defensas hidroneumáticas puede ajustarse para adaptarse a diferentes tipos de barcos.El rendimiento puede modificarse al cambiar la relación aire-agua así como ajustando la presión interna. El calado de la defensa puede cambiarse utilizando diferentes pesos de lastre para garantizar que el cuerpo de la defensa haga contacto con la parte más ancha de la viga del barco. Con submarinos también es importante evitar el contacto con las aletas.

© FenderTeam AG 2014

AMBIENTE

Los agresivos ambientes marinos exigen protecciones a los sistemas de defensas. Debe darse alta prioridad a la fiabilidad, durabilidad y resistencia a la degradación de acuerdo con las condiciones locales.

EFECTO	COMENTARIOS	TROPICAL/ SUBTROPICAL	TEMPERADO	ÁRTICO/ SUBÁRTICO
Corrosivo	Las altas temperaturas puedan acelerar la corrosión, así como las altas concentraciones de sal en algunas zonas tropicales o sub-tropicales. Los diseños deben de usar capas apropiadas de pintura, fijaciones de acero inoxidable donde se necesiten, y tomar en cuenta una tolerancia de corrosión en el espesor de las placas y los diámetros de los eslabones de las cadenas, para minimizar el mantenimiento.	Alta	Moderado	Moderado
Ozono y Luz Ultravioleta (UV)	Con el tiempo, el ozono causa fragilidad en el caucho y la luz ultra violeta causa fracturas. Los efectos son mitigados por los materiales y los compuestos de calidad, pero no se pueden eliminar.	Alta	Moderado	Baja
Fatiga	Puede producirse fatiga en cualquier lugar y debería de ser considerada en los diseños, pero a bajas temperaturas los efectos de las cargas de fatiga pueden ser mas serios si se seleccionan materiales que se pueden tornar frágiles.	Variable	Variable	Alta
Efectos térmicos	Las altas temperaturas causan que el caucho se vuelva mas suave, reduciendo la absorción de energía. Las bajas temperaturas tienen el efecto opuesto e incrementan las fuerzas de reacción. Se deben tomar en consideración los grados de acero y plástico para temperaturas muy bajas para evitar que se vuelvan frágiles.	Alta	Moderado	Alta
Movimiento y vibración	La vibración y los movimientos de un barco grande pueden producirse en cualquier lugar, pero comúnmente se producen en mayor medida en muelles expuestos y terminales profundas. Los diseños deben considerar los efectos de movimiento y vibración para el cálculo de la abrasión en las planchas de contacto de la defensa, el aflojamiento en las fijaciones y el desgaste en las uniones de cadena(s).	Variable	Variable	Variable

PREVENCIÓN DE CORROSIÓN

Hay muchas formas efectivas para prevenir o reducir la corrosión de los paneles de las defensas y los accesorios.

GALVANIZADO

El galvanizado es la aplicación de una capa protectora de zinc al acero que previene la oxidación, ya que es la "capa" de zinc la que se oxida antes que el acero. Las capas más gruesas durarán más (dentro de los límites prácticos) pero cuando el depósito de zinc se agota, el acero debajo del mismo comenzará a corroerse. El código ISO1401 es utilizado frecuentemente para especificar las capas de galvanizado.

El espesor del galvanizado puede ser aumentado por blasteado, baños de ácido, y en algunos casos, dobles baños. El espesor de la capa de los pernos debe ser controlado para evitar que se obstruyan las roscas con el zinc - esto se lleva a cabo girando la pieza inmediatamente después del recubrimiento (llamado "galvanizado giratorio").

Los pines estándar de los grilletes son enchapados y no galvanizados en caliente ni por galvanizado giratorio.

Los espesores de capas más comunes son:

Componente	Nominal (Promedio)	Mínimo (ISO 1461)
Fabricaciones por galvanizado en caliente (t> 6mm)	85µm (610 g/m²)	70µm (505 g/m²)
Tornillos galvanizados por giro (Diámetro > 6mm)	50µm (360 g/m²)	40µm (285 g/m²)

© FenderTeam AG 2014

ÁNODOS DE SACRIFICIO

Los ánodos de sacrificio trabajan de la misma manera que los galvanizados pero proporcionan un depósito de zinc mucho más grande para proteger el acero y las cadenas por más tiempo. Es importante que el ánodo permanezca sumergido permanentemente para evitar que se forme una capa de óxido en la superficie que impide que el ánodo funcione.

Los ánodos típicos para defensas serán de aproximadamente 4Kg y deberán ser reemplazados cada 2-5 años para una mejor protección.

El peso del ánodo se selecciona de acuerdo el área protegida y el tiempo útil de vida. Por favor consultar A FenderTeam.

RECUBRIMIENTOS DE PINTURA

El código ISO 12944 es adoptado ampliamente como el estándar internacional para recubrimiento de pintura utilizada en los paneles de las defensas. Este código está dividido en zonas ambientales y en tipos de durabilidad. Para una vida de servicio más larga en agua de mar, en zonas de salpicado y en zonas de marea se recomienda la clase C5M(H) con una vida de servicio típica esperada de por lo menos 15 años, asumiendo que se lleve a cabo una adecuada inspección y mantenimiento preventivo.

PINTURA	Superficie ISO 8501	Base Cubierta(s)				Base Cubierta(s)			Total DFT	Service Life
		Base	Tipo	Cubiertas	DFT	Base	Cubiertas	DFT		
Genérico	SA2.5	Epóxico/ PUR	Rica en cinc	1	40µm	Epóxico/ PUR	3-4	280µm	320µm	>15y
Jotun	SA2.5	2 x Epóxico Jotacoat			140µm	1 x TDS Hardtop PU		45µm	185µm	>15y

ACERO INOXIDABLE

En zonas de alta corrosión se recomienda el uso de fijaciones y pernos de acero inoxidable. No todos los grados de acero inoxidable son recomendables para uso marino. Los grados más conocidos son:

SS Grado 316/316L	Acero inoxidable austenítico que es adecuado para la mayoría de las aplicaciones de defensas. También disponible como el 316S33 con un mayor contenido de molibdeno para mayor durabilidad.
Doble Grado Doble Súper	Los aceros inoxidables Doble y Doble Súper se utilizan cuando se requiera una vida de servicio más larga y cuando sea difícil el acceso para su mantenimiento.
SS Grado 304	No se recomienda este grado para uso marino ya que sufre de corrosión por picaduras (grietas) cuando es atacado por la sal.

Soldadura en Frío
Soldadura en frío (conocido como ""galling"", por su nombre en inglés) es un fenómeno que puede afectar a las fijaciones de acero inoxidable. Al ajustar el perno, la fricción de las roscas crea altas temperaturas locales que sueldan las roscas, haciendo imposible ajustar más o desajustar la fijación. Se recomienda que se aplique un compuesto anti-soldadura en frío en las roscas antes del ensamblado.

Se define la durabilidad del acero inoxidable para uso marino por su "Número de Resistencia Equivalente contra la Hendidura" (Pitting Resistance Equivalent Number , PREN, nombre y siglas en inglés). Un alto PREN indica mayor resistencia, pero usualmente a un mayor costo.

Nombre Común	EN10088 ASTM	Tipo	Cr (%)	Mo (%)	N (%)	PREN Cr+3.3Mo+16N
Zeron 100	1.4501 S32760	Doble Súper	24.0–26.0 24.0–26.0	3.0–4.0 3.0–4.0	0.20–0.30 0.30–0.30	**37.1–44.0** **37.1–44.0**
Doble	1.4462 S31803	Doble	21.0–23.0 21.0–23.0	2.5–3.5 2.5–3.5	0.10–0.22 0.08–0.20	**30.9–38.1** **30.5–37.8**
316/316L	1.4401 316/316L	Austenítico	16.5–18.5 16.0–18.0	≤2.00 ≤2.00	≤0.11 ≤0.10	**24.9–26.9** **24.2–26.2**

© FenderTeam AG 2014

PRUEBAS DE RENDIMIENTO

Los ensayos de las defensas moldeadas[1] y envueltas cilíndricas[2] se llevan a cabo en fábrica utilizando defensas de tamaño completo o con la opción de un testigo. Todas las pruebas se realizan de acuerdo con los especificaciones de PIANC[3].

- Las defensas tienen un número de serie único que puede ser rastreado hasta los registros de fábrica y ensayos.
- Las pruebas se llevan a cabo utilizando compresión axial directa.
- Las pruebas de compresión por el método CV (Velocidad constante) son llevadas a cabo a una tasa de 2-8 cm/min.
- Las defensas son precomprimidas hasta su deformación máxima tres o más veces, luego se les permite recuperarse por lo menos durante una hora antes del ensayo de rendimiento.
- Los resultados de pre-compresión o por ""ciclos"" no son registrados.
- El rendimiento de la defensa solamente se mide para un solo ciclo de compresión.
- Las defensas se prueban y estabilizan a una temperatura de 23°C±5°C[4].
- La fuerza de reacción[5] se registra en intervalos de deformación entre 1% y 5% con respecto a la altura original de la defensa y con una precisión de 1% o mayor.
- La absorción de energía[5] se determina como la integral de reacción y deformación, calculada utilizando la Regla de Simpson.
- Las defensas pasan la prueba si se alcanza el mínimo de absorción de energía[6] sin exceder la fuerza de reacción máxima[6] permitida.
- El muestreo es de 10% de las defensas de una unidad completa[7] (o un par de defensas FE[1]).
- Si alguna muestra no satisface las especificaciones, se puede incrementar el muestreo consultándolo con el cliente.
- Solamente las unidades que satisfacen las especificaciones son liberadas para su embarque, todas las unidades que no cumplan con las especificaciones son rechazadas.

1. Las defensas moldeadas incluyen las defensas SPC, CSS, FE, SX, SX-P y SH. Las defensas SPC, CSS, SX, SX-P y SH se prueban en forma individual y las defensas FE se prueban en pares.

2. Se excluyen las defensas cilíndricas de remolque y otros tipos de defensas de remolque.

3. PIANC – Permanent International Association of navigation Congress Report of the International Commission for Improving the Design of Fender Systems (Guia de diseño de los sistemas de Defensas: 2002, Apéndice A).

4. En zonas donde la temperatura ambiente se encuentra fuera del rango, las defensas se normalizan a ese rango de temperaturas en un cuarto acondicionado durante un período designado (dependiendo del tamaño de la defensa) o bien los valores de rendimiento deberán ser corregidos de acuerdo a las tablas de los factores de corrección de la temperatura.

5. La fuerza de reacción (y la correspondiente absorción de energía calculada) será el valor exacto registrado y sin corregir, o de otra forma, ajustado para corregir según la velocidad, a menos que sea requerido por las especificaciones del proyecto.

6. Valor permitido de reacción es el valor de catalogo mas tolerancia de fábrica. Valor permitido de energía es el valor de catalogo menos tolerancia de fábrica.

7. Prueba Estándar PIANC incluida en el precio de la defensa. Pruebas de frecuencia adicionales, tercera parte con testigo o costos de acondicionado de la temperatura son cargados al comprador. Prueba de durabilidad, prueba angular y otras pruebas específicas del proyecto generan un costo extra y convenido en base a cada caso.

Defensa SPC durante pruebas de compresión en fábrica utilizando el método CV de acuerdo al protocolo de PIANC 2002.

© FenderTeam AG 2014

ACREDITACIÓN DE CALIDAD, AMBIENTE Y DESEMPEÑO

FenderTeam proporciona sistemas de defensas de calidad con un alto rendimiento y comprometidas con el medio ambiente. Esto requiere de una gran inversión en el diseño, fabricación, investigación y desarrollo.

En línea con este compromiso, las oficinas de diseño, fábricas y distribución de FenderTeam han obtenido las siguientes acreditaciones:

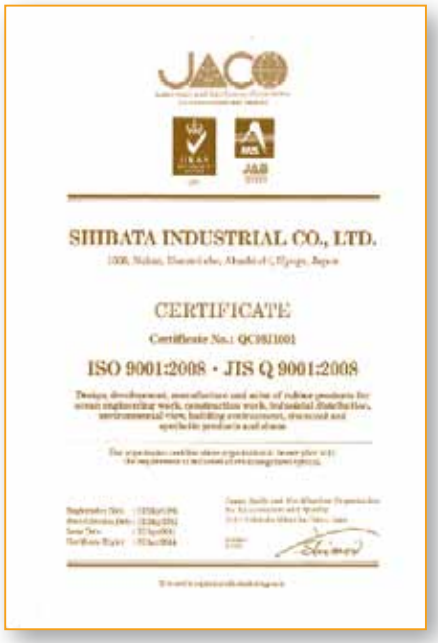
Administración de Calidad:	**ISO 9001 : 2008**
Administración Ambiental:	**ISO 14001 : 2004**
Tipo de Aprobación:	**PIANC 2002**

Certificate

GL

Fender ▸ Team FenderTeam AG

DAkkS


JAQ

SHIBATA INDUSTRIAL CO., LTD.

CERTIFICATE

ISO 9001:2008 · JIS Q 9001:2008

JAQ

SHIBATA INDUSTRIAL CO., LTD.

CERTIFICATE

ISO 14001:2004 · JIS Q 14001:2004

Statement of Approval

GL

Germanischer Lloyd

Statement of Approval

GL

Germanischer Lloyd

© FenderTeam AG 2014

REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO

Puerto: .....

Embarcadero: .....

Cliente: .....

Diseñador: .....

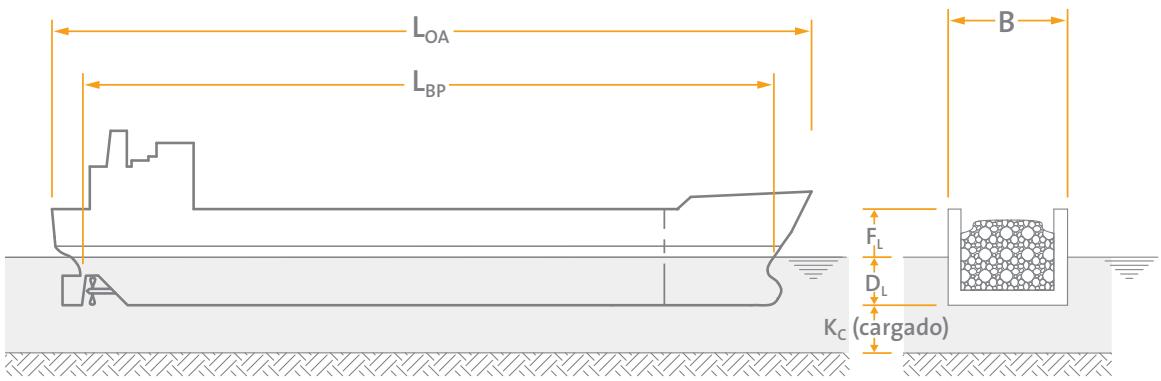
Contratista: .....

Se necesita información del proyecto precisa para proponer las defensas más adecuadas.

Por favor utilizar la tabla siguiente para describir los requerimientos de operación con la mayor cantidad de detalles posible.

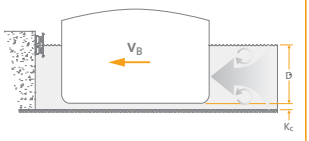
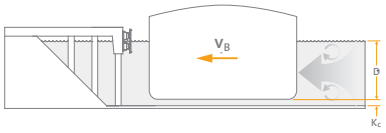
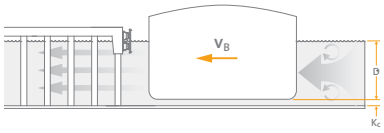
Proyecto: ☐ Nueva Construcción ☐ Reforma **Estado:** ☐ Preliminar ☐ Detalle ☐ Licitación

INFORMACIÓN DEL BARCO



BARCOS MAS GRANDES		BARCOS MAS PEQUEÑOS	
Tipo/Clase		Tipo/Clase	
Peso muerto	..... dwt	Peso muerto	..... dwt
Desplazamiento	..... toneladas métricas	Desplazamiento	..... toneladas métricas
Largo Total	..... m.	Largo Total	..... m.
Manga	..... m.	Manga	..... m.
Calado	..... m.	Calado	..... m.
Presión del Casco	..... kN/m^2 (kPa)	Presión del Casco	..... kN/m^2 (kPa)
Cinturón	☐ Si ☐ No ..... Tamaño	Cinturón	☐ Si ☐ No ..... Tamaño
Abanico de Proa	..... grados	Abanico de Proa	..... grados
Radio de Proa	..... m.	Radio de Proa	..... m.

INFORMACIÓN DEL BARCO

☐ MUELLE CERRADO	☐ MUELLE SEMIABIERTO	☐ MUELLE ABIERTO
		

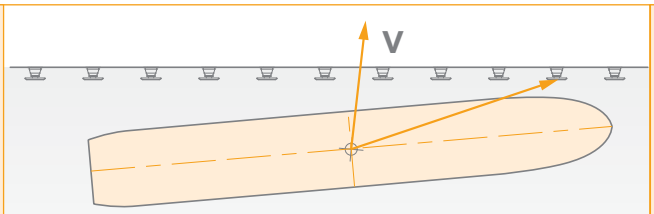
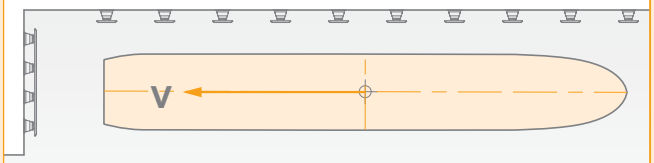
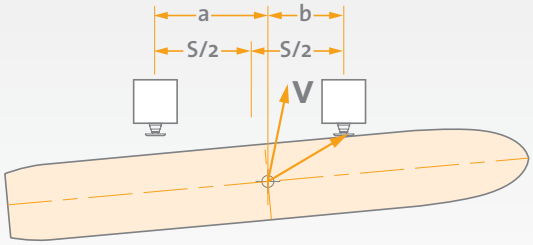
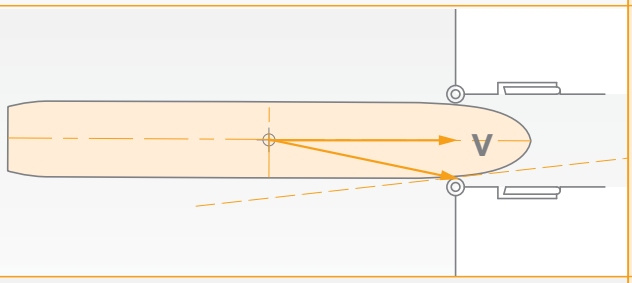
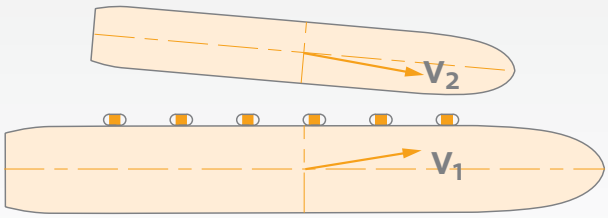
Tipo de Puerto	☐ Muelle continuo ☐ Dolphins ☐ Pontones ☐ Esclusa o Dique Seco ☐ Otro		
Espaciado de Defensas	..... m.	Reacción máxima	..... kN
Nivel cubierta	..... m (dato arriba)	Nivel soporte	..... m (dato arriba)
Marea más alta (HHW)	..... m (dato arriba)	Marea más baja (LLW)	..... m (dato arriba)
Bajo quilla	..... m (min) ..... m (máx.)	Velocidad viento	..... m/s
Importación/Exportación	☐ Importación ☐ Exportación ☐ Ambos	Velocidad corriente	..... m/s

© FenderTeam AG 2014

UBICACIÓN

Clima	☐ Templado ☐ Tropical ☐ Desierto ☐ Mediterráneo ☐ Polar			
Temperatura	°C (min)	°C (max)	Corrosión	☐ Alta ☐ Media ☐ Baja
Tipo de agua	☐ De mar ☐ Dulce	SG = t/m³	Hielo en invierno	☐ Nunca ☐ Algunas veces ☐ Cada año

INFORMACIÓN ATRAQUE

Atraque Lateral		Velocidad de aproximación Ángulo de atraque Factor de seguridad	..... m/s ..... grados .....
Atraque de popa		Velocidad de aproximación Ángulo de atraque Factor de seguridad	..... m/s ..... grados .....
Atraque sobre dolphin		Velocidad de aproximación Ángulo de atraque Factor de seguridad	..... m/s ..... grados .....
Entrada Esclusa		Velocidad de aproximación Ángulo de atraque Factor de seguridad	..... m/s ..... grados .....
Aligeramiento (De barco a barco)		Velocidad de aproximación (relativa) Ángulo de atraque Factor de seguridad	..... m/s ..... grados .....

OTRA INFORMACIÓN

	Código de diseño ☐ PIANC ☐ BS6349 ☐ EAU-2004 ☐ ROM 0.2-90 ☐ ROSA 2000 ☐ ASNZ 4997 ☐ UFC 4-152-01 ☐ Outro

© FenderTeam AG 2014

FACTORES DE CONVERSIÓN

ÁNGULO	grados	minutos	segundos	Radianes
1 RADIAN	57.30	3438	2.063×10^{5}	1
1 grado	1	60	3600	1.745×10^{-2}

DISTANCIA	m.	pulg.	Pies	Milla Náutica
1 METRO	1	39.37	3.281	5.400×10^{-4}
1 pulgada	2.54×10^{-2}	1	8.333×10^{-2}	1.371×10^{-5}
1 pie	0.3048	12	1	1.646×10^{-4}
1 milla náutica	1852	7.291×10^{4}	6076.1	1

ÁREA	m^2	cm^2	$pulg.^2$	pie^2
1 METRO CUADRADO	1	10^{4}	1550	10.76
1 centímetro cuadrado	10^{-4}	1	0.155	1.076×10^{-3}
1 pulgada cuadrada	6.452×10^{-4}	6.452	1	6.944×10^{-3}
1 pie cuadrado	9.290×10^{-2}	929.0	144	1

VOLUMEN	m^3	cm^3	litros	$pies^3$
1 METRO CÚBICO	1	10^{6}	1000	35.31
1 centímetro cuadrado	10^{-6}	1	10^{-3}	3.531×10^{-8}
1 litro	10^{-3}	1000	1	3.531×10^{-2}
1 pie cúbico	2.832×10^{-2}	2.832×10^{4}	28.32	1

MASA	kg	t	libra	kip
1 KILOGRAMO	1	10^{-3}	2.205	2.205×10^{-3}
1 tonelada	10^{3}	1	2205	2.205
1 libra	0.454	4.536×10^{-4}	1	10^{-3}
1 kip	453.6	0.454	10^{3}	1

DENSIDAD	kg/m^3	t/m^3	$libra/pie^3$	$libra/pulgada^3$
1 KILOGRAMO/$METRO^3$	1	10^{-3}	6.243×10^{-2}	3.613×10^{-5}
1 tonelada/$metro^3$	10^{3}	1	62.428	3.613×10^{-2}
1 libra/pie^3	16.018	1.602×10^{-2}	1	5.787×10^{-4}
1 libra/$pulgada^3$	27680	27.680	1.728	1

VELOCIDAD	m/s	mph	kph	kt
1 METRO/SEGUNDO	1	2.237	3.600	1.944
1 milla por hora	0.447	1	1.609	0.869
1 kilómetro por hora	0.278	0.621	1	0.540
1 nudo	0.514	1.151	1.852	1

FUERZA	kN	tf	libra pie	kip
1 KILONEWTON	1	0.102	224.8	0.225
1 tonelada fuerza	9.807	1	2204	2.205
1 kip	4.448	0.454	10^{3}	1

ENERGÍA	kNm (kJ)	J	t-m	kip-pie
1 KILONEWTON-METRO	1	10^{-3}	737.6	0.738
1 julio	10^{-3}	1		7.376×10^{-4}
1 tonelada-metro	9.807	9807	1	7.233
1 kip-pie	1.356	1356	0.138	1

PRESIÓN, ESFUERZO	kN/m^2 (kPa)	N/mm^2 (MPa)	tf/m^2	libra pie/$pulgada^2$ (psi)
1 NEWTON/$METRO^2$	0.001	10^{-6}	1.020×10^{-4}	1.450×10^{-4}
1 kilopascal	1	10^{-3}	0.102	0.145
1 megapascal	10^{3}	1	102.0	145.0
1 tonelada fuerza/$metro^2$	9.807	9.807×10^{-3}	1	1.422
1 libra fuerza/$pulgada^2$ (psi)	6.895	6.895×10^{-3}	0.703	1

CONSTANTE GRAVITACIONAL	m/s^2	cm/s^2	$pulgada/s^2$	pie/s^2
1 g	9.807	980.7	386.1	32.174

© FenderTeam AG 2014

POSTVENTA Y GARANTÍA

FenderTeam está comprometido en proporcionar soporte y asistencia durante la puesta en marcha y en el futuro. Ofrecemos garantías estándar y extendidas así como asesorías en programas de inspección y mantenimiento para garantizar que nuestros sistemas de defensas siempre proporcionen el mejor rendimiento y protección.

El periodo de garantía estándar es de 12 meses desde la instalación o 18 meses desde la fecha de embarque, aunque hay disponibles garantías por un mayor periodo de tiempo previa solicitud. Las garantías de rendimiento están disponibles si la opción de la prueba de rendimiento de la(s) defensa(s) se ha llevado a cabo. También se pueden proporcionar garantías sobre pintura extendidas.

En todos los casos las garantías otorgadas están sujetas a los operarios del puerto que llevan a cabo inspecciones periódicas de acuerdo con las recomendaciones de FenderTeam, y la entrega total de los informes y fotografías. Esto permite que cualquier asunto que surja pueda ser detectado de forma temprana, rectificada y monitoreada.

Las garantías no cubren daños accidentales, el desgaste normal, apariencia visual o los efectos producidos por degradación ambiental a lo largo del tiempo. En el supuesto de una reclamación, poco probable, por fallos en los materiales y/o en la mano de obra, FenderTeam reparará o reemplazará los componentes defectuosos. Los valores de compensación no podrán exceder el costo del suministro de los materiales, menos cualquier reducción por uso normal, y bajo ninguna circunstancia se aceptarán los costos de remoción o reinstalación, o cualquier costo por daños indirectos o pérdidas.

Se recomienda que los usuarios adopten un sistema de gestión de bienes basados en ISO 55000 (o PAS-55).

Cláusula de exención de responsabilidad

Se han hecho todos los esfuerzos para garantizar que las especificaciones técnicas, descripciones de productos y métodos de diseño sean correctos y representen las mejores prácticas en vigor. FenderTeam AG, sus subsidiarias, agentes y asociados no aceptan la responsabilidad u obligación por cualquier error u omisión por las razones que fueran.
Cuando se utiliza este manual técnico para desarrollar el diseño, se les recomienda a los clientes solicitar una especificación detallada, cálculos y planos certificados de los especialistas de FenderTeam antes de la construcción y/o manufactura.
FenderTeam se esfuerza constantemente para mejorar la calidad y rendimiento de sus productos y sistemas. Nos reservamos el derecho de cambiar cualquier especificación sin previo aviso. Todas las dimensiones, propiedades de los materiales y valores de rendimiento están sujetas a las tolerancias de producción normal. Este manual sustituye toda información proporcionada en todas las ediciones previas. También debe ser utilizado conjuntamente con los catálogos de productos FenderTeam. Si tuviera alguna duda, por favor consulte a FenderTeam.

Flag:

© 2013 FenderTeam AG, Alemania

Este catalogo es una marca registrada de FenderTeam AG y no podrá se reproducido, copiado o distribuido por terceras partes sin el consentimiento previo en cada caso de FenderTeam.
FenderTeam® es una Marca Comercial registrada de FenderTeam AG.

Fecha: 01 / 2013

FENDER TEAM - ALEMANIA
FenderTeam AG
Tarpen 40, Haus 1 b
22419 Hamburgo, Alemania
Tel. + 49 (0) 40 20 90 764 70
Fax + 49 (0) 40 20 90 764 80
E-mail: info@fenderteam.com
Web: www.fenderteam.com

FENDER TEAM - FRANCIA
FenderTeam France SAS
94 Av. Albert 1er
92500 Rueil-Malmaison, Francia
Tel. + 33 (0)1 41 29 09 20
Fax + 33 (0)1 41 29 09 27
E-mail: contact@fenderteam.fr
Web: www.fenderteam.com

FENDER TEAM - AMÉRICA
FenderTeam Americas Inc.
44084 Riverside Parkway, Suite 170
Lansdowne, VA 20176, EEUU
Tel. +1 (571) 281 37 70
Fax +1 (571) 223 32 67
E-mail: contact@fenderteam.us
Web: www.fenderteam.com

Presentado por:

Fender Team
on the safe side